1837
ARTES
SCIENTIA
VERITAS
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE

Q
67
.Z965

# Vierteljahrsschrift

der

# Naturforschenden Gesellschaft

in

# Zürich.

Unter Mitwirkung der Herren

Prof. Dr. A. HEIM und Prof. Dr. A. LANG

herausgegeben

von

Dr. FERDINAND RUDIO,
Professor am Eidgenössischen Polytechnikum.

**Vierundfünfzigster Jahrgang. 1909.**

Mit zwei Tafeln.

**Zürich,**
in Kommission bei **Füsi & Beer** in **Zürich**
1909.

Gründungsjahr der Gesellschaft
1746.

# Inhalt.


Seite

**H. W. Bodenburg Hellmund.** Die Drumlinlandschaft zwischen Pfäffiker- und Greifensee (Kanton Zürich) Hiezu Tafel II . . . . . 149

**K. Brandenberger.** Über Lamberts flächentreue Azimutalprojektion . 436

**H. Brockmann-Jerosch.** Neue Fossilfunde aus dem Quartär und deren Bedeutung für die Auffassung des Wesens der Eiszeit. . . . 101

— Das Alter des schweizerischen diluvialen Lösses . . . . . 449

**Alb. Heim.** Geologische Nachlese Nr. 21. Einige Gedanken über Schichtung 330

**Arn. Heim.** Über die Beatus-Höhlen am Thunersee . . . . . 52

**L. Hezner.** Der Peridotit von Loderio (Kanton Tessin) . . . . . 244

**C. Keller.** Die ausgestorbene Fauna von Kreta und ihre Beziehungen zur Minotaurus-Sage . . . . . 424

**Rob. Keller.** Die Brombeerflora des Kantons Zürich . . . . . 343

**E. Meissner.** Über die Anwendung von Fourier-Reihen auf einige Aufgaben der Geometrie und Kinematik . . . . . 309

**Th. Nussbaumer.** Über die Verunreinigung von Seen durch Einleitung städtischer Abwässer mit spezieller Berücksichtigung des Zugersees. Hiezu Tafel I . . . . . 1

**L. Gustav DuPasquier.** Über holoïde Systeme von Düotettarionen . 116

— Leonhard Eulers Verdienste um das Versicherungswesen . . 217

**E. Rübel.** Beiträge zur Kenntnis des photochemischen Klimas der Canaren und des Ozeans . . . . . 289

**F. Rudio** und **C. Schröter.** Notizen zur schweizerischen Kulturgeschichte

26. Die Eulerausgabe (Fortsetzung) . . . . . 463

27. Naturschutz in der Schweiz und anderswo . . . . . 480

28. Nekrologe: Jakob Theodor Ernst, Hermann Minkowski, Jakob Escher, Albin Herzog, Rudolf Brunner . . . . . 505

**P. Stäckel.** Entwurf einer Einteilung der Sämtlichen Werke Leonhard Eulers. . . . . 261

**A. Weiler.** Die Grundlagen für die Neugestaltung der astronomischen Zeitmessung . . . . . 64

**E. Schoch.** Sitzungsberichte von 1909 . . . . . 517

**H. Schinz.** Bibliotheksbericht von 1909 . . . . . 525

Verzeichnis der Mitglieder auf 31. Dezember 1909 . . . . . 544

Aus dem
hygienisch-bakteriologischen Laboratorium des eidg. Polytechnikums.
Vorstand: Prof. Dr. O. Roth.

# Ueber die Verunreinigung von Seen durch Einleitung städtischer Abwässer mit spezieller Berücksichtigung des Zugersees.

von

Th. Nussbaumer.

Hiezu Tafel I.

## Allgemeiner Teil.

Kaum gibt es eine Frage, in welcher sich Wissenschaft und Technik mehr ergänzen, wie die Beseitigung der Abfallstoffe. Dieselbe ist auch in neuerer Zeit von den verschiedensten Standpunkten in Angriff genommen worden, gibt es ja doch keinen Zweig der Naturwissenschaften, der nicht an dieser gemeinsamen Arbeit beteiligt wäre. Besonders ist auch die Biologie bei der Lösung der Abwasserfrage von hoher Bedeutung, und daher soll auch diese in gegenwärtiger Arbeit in erster Linie Berücksichtigung finden.

Durch die Einleitung von Abwasser in fliessende und stehende Gewässer werden diese vielfach chemisch und physikalisch bedeutend verändert, was auf deren Flora und Fauna einen solchen Einfluss haben kann, dass z. B. in einem hauptsächlich durch organische Stoffe verunreinigten Gewässer ganz andere Pflanzengesellschaften auftreten.

Nicht zum wenigsten durch die Tätigkeit von Lebewesen wird verunreinigtes Wasser aber nach und nach wieder gereinigt, indem Pflanzen und Tiere gelöste und suspendierte Stoffe als Nahrung aufnehmen und so beseitigen. Auch von diesem Standpunkt erscheint die Einleitung der Abwässer in einen nahen See oder Flusslauf als gegeben. Es darf dies aber nicht bedingungslos erfolgen, denn mancherorts haben sich infolge der Verunreinigung des betreffenden Gewässers nachträglich bedeutende Übelstände eingestellt.

Sobald Ortschaften mit geschlossener Bebauung eine gewisse Grösse erreichen, ist es ohne eine regelrechte Kanalisation schwer, geordnete Verhältnisse zu schaffen. Eine solche bedingt auch das Vorhandensein eines Gewässers, in welches die Schmutzstoffe, ohne eine zu erhebliche Verunreinigung desselben, eingeleitet werden können. Oft liegen die Verhältnisse so, dass dies ohne weiteres geschehen



215831

kann, in andern Fällen müssen erst gründliche Untersuchungen vorangehen in bezug auf die Zusammensetzung der Schmutzwässer, der Wassermenge, der weiteren Benützung des betreffenden Gewässers, der Ufergestaltung etc., von welchen Faktoren es dann abhängt, ob die Einleitung gestattet werden kann, eventuell ob derselben eine Reinigung der Abwässer vorauszugehen habe. In manchen Fällen sind Städte von Staats wegen dazu gezwungen worden.

Bis vor kurzem waren es fast nur grosse Städte, welche die Kosten einer rationellen Ableitung der Schmutzwässer nicht scheuten. Erst in neuerer Zeit fängt man an, auch in kleineren Verhältnissen dieser Frage eine vermehrte Aufmerksamkeit zu schenken, nicht zum wenigsten infolge der viel reichlicheren Zuführung von Trink- und Nutzwasser.

So ist auch in Zug in den letzten Jahren infolge vieler Misstände und Klagen die Einführung einer rationellen Kanalisation ins Auge gefasst worden, wobei natürlich die Einleitung sämtlicher Schmutzwässer in den See am nächsten liegt. Die Folgen einer solchen lassen sich schon jetzt bis zu einem gewissen Grade beurteilen, da bereits eine Anzahl Schmutzwasser-Kanäle in den See münden. Es schien mir deshalb von grosser praktischer Bedeutung, die durch dieselben hervorgerufene Verunreinigung des Seewassers genauer zu untersuchen. Der Umstand, dass ich in der Literatur, im Gegensatz zur so häufig diskutierten Flussverunreinigungsfrage, ausgedehnte Erhebungen über die Verunreinigung von Seen durch Abwässer nicht auffinden konnte, lässt mich annehmen, dass vorliegender Arbeit nicht nur lokales, sondern auch allgemeines Interesse zukomme.

Zahlreicher sind derartige Untersuchungen an Meerhäfen, die durch Abwässer einer Stadt verunreinigt werden, ausgeführt worden. Die Ergebnisse derselben lassen sich, wenn auch die Verhältnisse bei Meer- und Süsswasser verschieden sind, doch bis zu einem gewissen Grade auf unsere Seen übertragen.

Bevor ich aber näher auf diese Arbeiten eintrete, seien einige allgemeine Angaben über städtische Abwässer angeführt.

Bekanntlich sind diese sehr reich an organischen Stoffen, die anorganischen treten gegenüber den ersteren etwas zurück und haben meist auch eine geringere hygienische Bedeutung. König[1]) gibt als Mittel aus einer Reihe von Untersuchungen folgende Werte an:

Pro Liter Abwasser sind enthalten:

| | Schwebestoffe | Gelöste Stoffe |
|---|---|---|
| Unorganische | 271,2 mg | 1161,5 mg |
| Organische | 445,7 mg | |

[1]) J. König, Die Verunreinigung der Gewässer. Bd. I.

Es kommen hierbei Fäkalien, häusliche Abwässer, die verschiedensten Spülwässer, auch solche von Schlächtereien, Strassenschmutzwässer, Abwässer der verschiedensten technischen Betriebe etc. in Betracht. Infolge der vielen suspendierten Partikel sind diese Abwässer meistens trüb. Sie erleiden schon in den Kanälen mehr oder weniger bedeutende Veränderungen, je nachdem sie längere oder kürzere Zeit in denselben verbleiben. Namentlich die organischen Stoffe bilden einen guten Nährboden für gewisse Bakterien. Fäulniserreger entwickeln sich besonders kräftig und bedingen eine Menge Zersetzungsvorgänge. Die kompliziert aufgebauten Stoffe werden abgebaut und in einfachere zerlegt. Meist bilden sich hierbei übelriechende Gase, die, wenn sie in die Luft gelangen, eine starke Belästigung der Umgebung zur Folge haben können. Es ist dies ganz besonders dann der Fall, wenn die Schmutzstoffe vor der Einleitung in die Kanäle magaziniert werden, d. h., wenn sie Gruben zu passieren haben, in denen sie längere Zeit verweilen. Unter den auftretenden Gasen ist oft $H_2S$ zu beobachten.

In den Abwässern sind reichlichere Mengen Chlor, Ammoniak, Salpeter- und salpetrige Säure etc. zu finden, Stoffe, die im reineren Wasser fehlen oder höchstens in Spuren vorhanden sind.

Im Folgenden sei den Resultaten der bereits erwähnten, am Meere ausgeführten Untersuchungen, soweit sie für vorliegende Verhältnisse in Betracht kommen, eine kurze Besprechung gewidmet. Bei der Ableitung von städtischen Abwässern in einen Hafen erleidet das Meerwasser chemische und physikalische Veränderungen; zudem wird die Flora des Wassers sowie des Meeresgrundes in der Nähe der Kanalmündungen erheblich beeinflusst.

Die Einläufe der Abwässerkanäle geben sich durch starke Trübungen zu erkennen, die mit zunehmender Entfernung schwächer werden und schliesslich ganz verschwinden. Die suspendierten Partikel, durch welche sie hauptsächlich bedingt werden, sedimentieren ziemlich rasch, wobei die Klärung bald so vollständig wird, dass man die Trübung nicht mehr bemerkt. Die Transparenz nimmt mit wachsender Entfernung von den Einläufen zu, und die Bestimmung der suspendierten Partikel durch Wägung ergibt immer kleinere Werte. Glühverlust und Permanganatverbrauch verringern sich mit zunehmender Entfernung vom Ufer; bezüglich des letzteren sei bemerkt, dass der Salzgehalt des Meerwassers einen störenden Einfluss auf dessen Bestimmung hat, indem man im allgemeinen zu hohe Werte erhält.[1])

[1]) B. Fischer, Untersuchungen über die Verunreinigung des Kieler Hafens. Z. f. Hyg. u. Inf. XXIII. S. 1.

Besondere Verhältnisse zeigt der Chlorgehalt. Da das Meerwasser schon eine Menge Chloride enthält, welche bedeutend grösser ist als die in den schmutzigsten Wässern enthaltene, so findet durch das Einleiten der Abwässer nicht eine Steigerung, sondern eine Herabsetzung des Chlorgehaltes statt, so dass man im Meere gerade das gegenteilige Verhalten wie im Süsswasser hat. Sowohl im verunreinigten Gebiet des Kieler Hafens, wie in demjenigen von Christiania[1]) wurde der Chlorgehalt des Meerwassers hauptsächlich in den Oberflächenproben klein befunden. An ein und derselben Stelle zeigte es sich, dass der Chlorgehalt an der Oberfläche gering war, gegen die Tiefe zu aber immer grösser wurde, um schliesslich wieder den normalen Gehalt zu erreichen. Die Schmutzwässer verbreiten sich also mehr an der Oberfläche, da sie ein geringeres spez. Gewicht als das Meerwasser haben. Die Zunahme des Chlorgehaltes, welche beim Meerwasser einer Reinigung entspricht, bedeutet beim Süsswasser eine Verunreinigung. Besonders am Meere soll die Chlorbestimmung geeignet sein, ein getreues Bild der Verunreinigung zu entwerfen, indessen sie in Seen kaum dies zu leisten imstande ist, da diese gegenüber den gewöhnlichen Abwässern nicht so grosse Unterschiede im Chlorgehalte aufweisen, dass dieselben bei der sofort eintretenden Verdünnung in einiger Entfernung von den Kanaleinläufen sich noch nachweisen liessen.

Weit mehr Aufschluss gibt auch hier die bakteriologische Methode. Die Verunreinigung eines Meerhafens durch städtische Abwässer gibt sich durch eine starke Steigerung des Keimgehaltes zu erkennen. Der Bakteriengehalt ist in der Nähe der Kanalmündungen am grössten; er nimmt mit zunehmender Entfernung und entsprechender Verdünnung relativ rasch ab. Die gefundenen Keimzahlen haben natürlich nur einen Vergleichswert. Im Meere gestalten sich die Lebensbedingungen für die Bakterien wesentlich ungünstiger als in den Kanälen, indem ihnen nicht mehr eine so konzentrierte Nährflüssigkeit zu Gebote steht. Verschiedene andere Faktoren wirken mit und bedingen ein Absterben derselben. Auch die Sedimentation kommt in hohem Masse in Betracht. Was nun die Verteilung der Bakterien in verschiedener Tiefe betrifft, so konnten Fischer[2]) und Holst, Geirsvold und Schmidt-Nielsen[3]) beobachten, dass die Verunreinigung sich hauptsächlich in den oberflächlichen Schichten bemerkbar macht, was zum Teil auch aus früheren Angaben betreffend Chlorgehalt gefolgert

[1]) A. Holst, M. Geirsvold, S. Schmidt-Nielsen, Über die Verunreinigung des städt. Hafens u. d. Flusses Akerselven durch die Abwässer der Stadt Christiania. Arch. f. Hyg., Bd. 42., S. 153.

[2]) l. c.

[3]) l. c.

werden kann. Von der Oberfläche gegen die Tiefe zeigte sich eine sehr rasche Abnahme. An einer bestimmten Stelle des Kieler Hafens[1]) wurden im Mittel an der Oberfläche 69,675 Keime gefunden, in drei Meter Tiefe aber nur 6808.

Im reinen Meerwasser ist häufig ein umgekehrtes Verhalten zu beobachten, denn wie aus Untersuchungen von Bassenga[2]) in der Nord- und Ostsee hervorgeht, findet man hier eher eine Zunahme der Keime gegen die Tiefe, indem offenbar das Licht in den oberflächlichen Schichten eine bakterizide Wirkung hat.

Es seien hier auch die von Russel[3]) angestellten Untersuchungen über die im Schlamm lebenden Bakterien erwähnt. Aus den hohen gefundenen Zahlen musste er den Schluss ziehen, dass ein grosser Teil der Schlammbakterien nicht einfach durch Sedimentation aus dem darüber stehenden Wasser in den Schlamm gelangte, sondern dass in letzterem eine kräftige Vermehrung stattfinde. Er fand unter diesen Schlammbakterien Arten, welche er im Wasser nicht nachzuweisen vermochte, wie z. B. Bacillus thalassophilus, ferner Cladothrix intricata. Vom Ufer bis zu 250 m Meerestiefe konstatierte er eine rasche Abnahme der Schlammbakterien, während von hier an bis zu 1100 m Tiefe der Keimgehalt ziemlich konstant blieb.

Über die Einleitung von Abwasser in Süsswasser-Seen steht mir nur die übrigens mehr chemische Arbeit von Renk[4]) zur Verfügung, auf deren Resultate ich später zurückkommen werde.

Noch seien hier die Ergebnisse der Pfenningerschen[5]) Untersuchungen über den Zürichsee angeführt. Wenn in denselben auch keine spezielle Rücksicht genommen wird auf die in den See mündenden Schmutzwasser, so enthält sie doch auch für uns wertvolle Angaben über die Verteilung der Bakterien in Seen. In horizontaler Richtung war diese eine gleichmässige, d. h. es erwiesen sich die Keimgehalte der verschiedensten Stellen in ein und derselben Tiefe als ungefähr gleich. Was die vertikale Verteilung betrifft, so zeigte sich, wie dies auch von verschiedenen Forschern im Meere konstatiert wurde, eine Zunahme gegen die Tiefe, wenigstens so lange als die gleich zu erwähnende Schichtung des Wassers dauert. Der Bakteriengehalt liess im Laufe eines Jahres grosse Schwankungen erkennen mit einem Maximum im Winter und einem Minimum im Sommer.

[1]) l. c.

[2]) B. Fischer l. c.

[3]) H. L. Russel, Untersuchungen über im Golf von Neapel lebende Bakterien. Z. f. Hyg., Bd. XI, S. 165.

[4]) Renk, Arb. a. d. kaiserl. Gesundheitsamt, Jahrg. 1889, S. 395. Gutachten betr. die Kanalisierung der Residenzstadt Schwerin.

[5]) Ant. Pfenninger, Beiträge zur Biologie des Zürichsees. Diss.

Es scheint, dass dieser Wechsel zu der Temperatur bezw. zu den dadurch erzeugten Strömungen Beziehungen hat. Wie im Sommer das Wasser thermisch geschichtet ist, so dass oben die wärmsten, am Grunde die kältesten Wasserschichten sich befinden, so kann man auch eine bakterielle Schichtung beobachten. Gegen den Herbst und im Winter, wenn sich das Wasser von der Oberfläche aus abkühlt, entstehen vertikale Strömungen, indem das abgekühlte Wasser der Oberfläche in die Tiefe sinkt und das spezifisch leichtere, wärmere von unten emporsteigt, wodurch auch die bakterielle Schichtung aufgehoben wird. In der Periode, in welcher diese Zirkulation bis auf den Grund reicht (Vollzirkulation), fällt nach Pfenninger das Maximum des Keimgehaltes.

Wie aus den erwähnten Untersuchungen in Meereshäfen hervorgeht, ist die Grösse einer Verunreinigung ausser von der Art und Menge des Abwassers, der topographischen Gestaltung des Meerhafens, auch noch in hohem Masse von meteorologischen Faktoren abhängig. In erster Linie kommen Winde, sowie die dadurch erzeugten Wellen und Strömungen in Betracht. Durch die Wellen entsteht eine bessere und raschere Durchmischung von Abwasser und Meerwasser, was eine schnellere Abnahme des Keimgehaltes zur Folge hat. Im Kieler Hafen[1]) beobachtete man bei bewegtem Meere stets weniger Keime, bezw. eine raschere Abnahme des Keimgehaltes. Auch im Hafen von Christiania[2]) konnte dieser Zusammenhang wenigstens einmal deutlich festgestellt werden, indem an einem stürmischen Tage eine besonders rasche Abnahme des Bakteriengehaltes zu beobachten war. In der Nähe des Ufers können an seichteren Stellen die Wellen aber gerade die entgegengesetzte Wirkung haben, indem sie die dort abgelagerten Schmutzstoffe aufwühlen und so eine Menge Bakterien wieder ins Wasser gelangen. Fischer[3]) beobachtete eine solche Aufwühlung des Grundes bis 10 m hinaus.

Im weitern können Strömungen die Verunreinigung in hohem Grade beeinflussen. Besonders am Meere, wo die Abwässer infolge des geringeren spezifischen Gewichtes an der Oberfläche bleiben, ist dies deutlich zu beobachten. Weht der Wind vom Land her gegen das Meer hinaus, so entsteht eine oberflächliche Strömung meerwärts, welche die Schmutzwasserschichten rasch vom Ufer wegtransportiert. Durch den entgegengesetzt gerichteten Kompensationsstrom in der Tiefe wird reines Wasser gegen das Ufer gebracht und so die reinigende Wirkung des Oberflächenstromes verstärkt. Im allgemeinen

[1]) B. Fischer l. c.
[2]) l. c.
[3]) l. c.

wird man in diesem Falle eine rasche Abnahme des Keimgehaltes wahrnehmen. Weht der Wind von der See her gegen das Land, so entwickelt sich eine Oberflächenströmung gegen das Ufer. Das spezifisch leichtere Abwasser staut sich in einem solchen Falle in der Nähe des Ufers an. Die Folge davon ist eine stärkere Verunreinigung des Ufergebietes. Sehr interessant ist in dieser Beziehung folgendes Beispiel, das ich der Arbeit von Holst, Geirsvold und Schmidt-Nielsen[1]) entnehme. An einem Vormittage wurden im Hafen von Christiania an drei bestimmten Stellen Proben entnommen. Die gefundenen Keimzahlen betrugen:

2054 2880 564

Am betreffenden Morgen, wie auch am Tage vorher wehte ein frischer Wind vom Meere her gegen den Hafen. Am Abend des gleichen Tages wurde wieder an den obgenannten Stellen das Wasser auf den Keimgehalt geprüft, nachdem der Wind im Laufe des Nachmittags gedreht und während einigen Stunden vom Land her gegen das Meer hinausgeweht hatte. Es wurden die folgenden, bedeutend kleineren Zahlen gefunden:

199 499 139

Dieser Unterschied beruht nach Obigem darauf, dass die süsseren und mehr verunreinigten Schichten durch den ablandigen Wind die Bucht hinausgejagt wurden. Damit steht in Übereinstimmung, dass der Salzgehalt in 10 m Tiefe von 27,98 ‰ auf 31,69 ‰ gestiegen war. Auch Fischers[2]) Beobachtungen im Kieler Hafen stimmen mit den oben angeführten überein.

Auch die Temperatur kann auf den Bakteriengehalt des Meerwassers von Einfluss sein. Alessi[3]) fand im Hafen von Palermo im Sommer einen grösseren Bakteriengehalt als in andern Jahreszeiten. Doch ist die Wirkung der Temperatur gering gegenüber dem grossen Einfluss der Strömungen. Bewölkung und Niederschläge haben nach Fischer[4]) keine Beziehung zum Keimgehalt des Hafenwassers.

In allen untersuchten Häfen hat man eine ausgiebige Selbstreinigung wahrnehmen können, indem von den Einläufen meerwärts der Keimgehalt rasch abnahm. So fand Alessi[5]) in einem Falle bei den eben genannten Untersuchungen in der Nähe des Ufers, wo die Kanäle münden, 218,891 Keime im $cm^3$, in 750 m Entfernung aber

---

[1]) l. c.
[2]) l. c.
[3]) l. c.
[4]) l. c.
[5]) l. c.

nur noch 2863. Im Golf von Oran[1]) vollzog sich die Reinigung schon auf der bedeutend kürzeren Strecke von 250 m.

Im Golf von Neapel wurden von Giaxa[2]) in der Nähe der Kanäle mehrere Hunderttausend Keime im $cm^3$, in 350 m Entfernung noch 26,000 und in drei Kilometer weniger als hundert gefunden.

Als reinigende Faktoren kommen genau die gleichen in Betracht wie bei den Flüssen: Verdünnung, Sedimentation, chemische, physikalische und vor allem biologische Vorgänge, nur ist deren Wirkung bei den fliessenden und stehenden Gewässern graduell verschieden.

In erster Linie erleiden die Abwässer im Meere eine weitaus stärkere Verdünnung als bei den Flüssen, ganz besonders wenn keine engen Buchten vorhanden sind. Diese ist bei Flussläufen meist nur eine begrenzte, indessen sie bei einem stehenden Gewässer mit der Distanz von den Kanalmündungen immer grösser wird, so dass die Verunreinigung schliesslich gar nicht mehr nachzuweisen ist. Die Verdünnung ist auch vom Wasserstand abhängig; beim Ansteigen des letztern macht sich die Verunreinigung in weniger hohem Masse bemerkbar.

Was die Sedimentation betrifft, die bei einem Flusse mit grösserem Gefälle äusserst gering, wenn nicht gleich Null sein kann, so müssen wir ihr bei stehenden Gewässern einen hohen Wert zuschreiben. Dass in solchen selbst leichtere Stoffe nach und nach zum Absatz gelangen, ist jedem bekannt und bedarf keiner weiteren Begründung. In einem Flusse werden nur die schwereren Stoffe rasch sendimentieren, die leichteren können oft kilometerweit fortgeschwemmt werden.

Die sich rasch vollziehende Sedimentation kann in Meereshäfen sehr grosse Übelstände zur Folge haben. Die Schmutzstoffe setzen sich meistens direkt vor den Kanalmündungen ab, wodurch eine oft recht lästige Schlammbildung bedingt wird. Sowohl im Hafen von Kiel[3]), wie auch in demjenigen von Christiania[4]) ist eine Verschlammung des Grundes eingetreten.

Seitdem Buchner[5]) durch seine schönen Untersuchungen am Starnbergersee gezeigt hat, dass das Sonnenlicht imstande ist, Bakterien zu töten, musste diesem auch bei der Selbstreinigung eine bestimmte Wirkung zugeschrieben werden. Selbst in 2 m Wassertiefe

---

[1]) B. Fischer l. c.

[2]) Giaxa, Über das Verhalten einiger pathogener Mikroorganismen im Meerwasser. Z. f. Hyg., Bd. VI, S. 162.

[3]) l. c.

[4]) l. c.

[5]) Buchner, Über den Einfluss des Lichtes auf Bakterien und über die Selbstreinigung der Flüsse. Arch. f. Hyg., Bd. XVII, S. 179.

macht sich dieselbe noch deutlich bemerkbar. Auf die Verunreinigungen des Meerwassers schreibt Fischer[1]) dem Lichte deshalb eine besonders kräftige Wirkung zu, weil die Abwässer sich auf demselben hauptsächlich an der Oberfläche ausbreiten. Diese bakterizide Wirkung macht sich vor allem in den Tropen geltend. So fand der genannte Forscher in der Nähe des Äquators in den oberflächlichen Schichten meist nur wenige Keime. In nördlicheren Gegenden kommt dieser Faktor in geringerem Masse in Betracht. In Süsswasserseen spielt er deswegen keine so erhebliche Rolle, weil sich die Schmutzwässer mehr in der Tiefe ausbreiten, wo das Licht nur mehr eine geringere Intensität aufweist. Es dürften übrigens die Buchnerschen Befunde schon deshalb nicht überschätzt werden, weil, wie mit Recht geltend gemacht wurde, das Wasser nicht immer die Reinheit besitzt, wie dasjenige des Starnbergersees und vielerorts während eines recht erheblichen Teils des Jahres die Oberfläche der Gewässer gar nicht von der Sonne beschienen wird. Das gilt auch für den Zugersee, der hauptsächlich im Winter oft tagelang von einer Nebeldecke überlagert ist.

Nebenbei will ich noch bemerken, dass einige Forscher dem Lichte überhaupt die Wirkung bei der Selbstreinigung absprechen, insofern es ein Absterben auch derjenigen Bakterien bedingt, welche die organischen Substanzen zerstören.

Wohl die grösste Bedeutung für die Selbstreinigung haben die biologischen Vorgänge. Namentlich Bokorny[2]) hat gezeigt, dass sich sowohl Diatomeen wie Algen von Buttersäure, Glycocoll, Leucin, Asparagin, Kreatin etc. ernähren können, woraus er schloss, dass Bakterien und Algen zusammen die eigentliche Selbstreinigung bewirken, indem sie einen bedeutenden Teil der durch die Siele zugeführten organischen Stoffe beseitigen. Durch die Bakterien werden die kompliziert aufgebauten unlöslichen Stoffe in einfachere, wasserlösliche zerlegt, die dann von den Algen aufgenommen werden können.

Mez[3]) sagt: „Nicht als Wasserverunreiniger, sondern als Wasserreiniger müssen die Spaltpilze, Wasserpilze etc. betrachtet werden: Sie sind nicht die Ursache der Wasserverunreinigung, sondern eine in deren Gefolge erscheinende und dieselbe beseitigende Erscheinung.“ Hiebei sind natürlich die pathogenen Bakterien nicht mit inbegriffen,

---

[1]) l. c.

[2]) Bokorny, Über die Beteiligung chlorophyllführender Pflanzen an der Selbstreinigung der Flüsse. Arch. f. Hyg. XX. S. 181.

[3]) Mez, Mikroskopische Wasseranalyse S. 553.

diese können nur als gefährliche Wasserverunreiniger aufgefasst werden, auf deren rasche Beseitigung man bedacht sein muss.

Jedenfalls kommt aber hohen Bakterienzahlen doch insofern eine ungünstige hygienische Bedeutung zu, als sie auf die erhebliche Verunreinigung eines Gewässers schliessen lassen.

Sind in einem Wasser sehr viele, zwar nicht pathogene, aber den Fäkalien entstammende Bakterien nachzuweisen, so ist die Gefahr vorhanden, dass auch Krankheitskeime in dasselbe gelangen können, während eine kleine Zahl solcher Bakterien und von Keimen überhaupt eine derartige Gefahr in den Hintergrund treten lässt.

Oft ist in einem verunreinigten Gewässer eine ganz spezielle Flora zu finden, die in engster Beziehung steht zu der Art des Abwassers, so dass man aus dem Vorherrschen dieser oder jener Pflanze (Pilze, Algen) Schlüsse ziehen kann auf die Grösse der Verunreinigung.

Fischer[1]) beobachtete im schmutzigsten Teil des Hafens von Kiel Wucherungen der grauen Beggiatoen. In reinerem Wasser konnte er sie aber nicht finden.

Ebenso teilt Mutschler[2]) mit, dass in der Aare oberhalb Bern Algenvegetationen nur spärlich sind, hingegen sehr stark sich entwickeln, nachdem dieser Fluss die Abwässer der Stadt Bern aufgenommen hat. Auch anderweitig wurde bei Verunreinigungen oft das Auftreten von Algen und Pilzen angegeben, doch wurde ihnen meistens nur geringere Aufmerksamkeit geschenkt.

Anfänglich schrieb man nur den Algen (Confervaceen, Oscillarien), Diatomeen und Pilzen diese selbstreinigende Wirkung zu, jetzt aber werden auch höhere Pflanzen, sowie Protozoen und Würmer etc. mit einbezogen.

Die an Flüssen gemachten Beobachtungen dürfen natürlich nicht ohne weiteres auf die Seen mit ihrer grösseren Wassertiefe übertragen werden. Während selbst bei grösseren Flüssen die grünen Algen am Grunde noch genügend Licht erhalten, um zu gedeihen, sind beim See die Verhältnisse bedeutend ungünstiger, indem die üppigen Algenvegetationen oft auf eine schmale, wenig tiefe Uferzone beschränkt sind.

Die Flora ändert mit der Jahreszeit. Während im Sommer sich hauptsächlich grüne Algen entwickeln, treten im Winter die chlorophyllosen Abwasserpilze in den Vordergrund.

---

[1]) l. c.

[2]) Mutschler, Das Aarewasser bei Bern. Forschungsberichte über Lebensmittel 1896 III. S. 399.

Wie schon erwähnt, ist die Flora eines Wassers von der Verunreinigung desselben abhängig. Kolwitz und Marssohn[1]) geben z. B. folgende typische Leitorganismen an, die sich im faulen Wasser vorfinden und aus deren Vorkommen man stets auf eine starke Verunreinigung schliessen kann: Sphärotilus natans, Zoogloea ramigera, Leptomitus lacteus, Carchesium Lachmanni, Paramaecien und Chlamydomonaden. Sie teilen die Abwasser-Organismen in drei Gruppen ein, in die Poly-, Meso- und Oligosaprobien, von denen die ersteren in stark verunreinigtem, die letzteren in schwach verunreinigtem Wasser vorkommen. Zu den Oligosaprobien werden Cladophora- und Confervabüschel, wie auch Spirogyrawatten und gewisse Oscillatoria-Arten etc. gerechnet. Man soll also mit Hilfe der Organismen nicht nur die Verunreinigung überhaupt, sondern auch deren Grad bestimmen können. Die Verfasser heben hervor, dass die Beurteilung an Hand von Organismen gegenüber der chemischen und bakteriologischen Prüfung den Vorteil hat, dass man eher ein Durchschnittsbild erhält und man weniger störenden Zufälligkeiten ausgesetzt ist.

Nach Mez[2]) kommen für die Beurteilung der Verhältnisse neben den genannten Pflanzen hauptsächlich Conferva bombycina, sowie verschiedene Conjuga- und Vaucheria-Arten in Betracht, die er neben den typischen Abwasserorganismen in stark verunreinigtem Wasser gefunden hat. In einem See beteiligen sich die Algen und am Grunde festsitzende Diatomeen an der Reinigung des Abwassers, das Plankton wirkt mit und im Winter übernehmen die Abwasser-Pilze die Tätigkeit der Algen im Sommer.

Lauterborn[3]) beobachtete im Rhein, dass sich Spongillen massenhaft in verunreinigtem Wasser entwickeln und schreibt die Selbstreinigung der Tätigkeit von Diatomeen und niederen assimilierenden Algen zu, von denen meistens nur festsitzende Formen vorkommen, so dass das starke Auftreten solcher ein Index für organische Bestandteile des Wassers sein soll.

Vielleicht dass auch höhere Pflanzen wie Potamogetonarten, Ceratophyllum etc. an der Reinigung des Wassers teilnehmen.

Auch Protozoen trifft man im schmutzigsten Wasser und ihnen kommt bei der Selbstreinigung ebenfalls eine grosse Bedeutung zu. Einige sind, wie bereits oben zum Teil angegeben, typische Leitorganismen für Verunreinigungen. Als solche gelten: Colpidium col-

[1]) Kolwitz und Marssohn, Grundsätze für die biolog. Beurteilung des Wassers nach seiner Flora und Fauna. Mittlg. d. kgl. Prüfungsanstalt für Wasserversorgung u. Abwässerreinig. Heft 1 1902.

[2]) l. c.

[3]) R. Lauterborn, Die Ergebnisse einer biolog. Probeuntersuchung des Rheins. Arbeiten aus dem kais. Gesundheitsamt Bd. XXII. Heft 3, Jahrg. 1905, S. 680.

poda, Oxitrichiden-, Bodo-, Monas-Oikomonasarten, Chlamydomonaden. Sie entwickeln ihre Tätigkeit hauptsächlich im Sommer. Gewisse Flagellaten sollen nach den Untersuchungen von Emmerich[1]) und Huntemüller[2]) besonders Bakterien, auch pathogene Arten als Nahrung verzehren, ja solche unter Umständen sogar bevorzugen.

Aus den Befunden der genannten Forscher den Schluss zu ziehen, dass die Anwesenheit solcher Protozoen, wie Emmerich meint, die Verbreitung von Typhusepidemien durch Wasser nahezu ausschliesst, scheint, wie auch Fehrs[3]) betont, der die Resultate dieser Untersuchungen teilweise bestätigte, doch etwas gewagt zu sein.

Die verschiedensten Faktoren wirken also bei der Reinigung eines Wassers mit. Die endgültige Beseitigung der Schmutzstoffe vollziehen wohl die Organismen, indem sie durch einen Mineralisierungsprozess die organischen Stoffe beseitigen und so den See vor einer fortschreitenden Verpestung bewahren.

Doch können gerade diese reinigenden Pilze unter Umständen selbst wieder eine Verunreinigung bedingen, wenn sie absterben und in Fäulnis übergehen. Der Reinigungsprozess wird so zum mindesten in die Länge gezogen.

Nicht selten wird der Fall eintreten, dass mit den Abfallstoffen auch pathogene Keime in die Kanäle und in den See gelangen. Hauptsächlich kommen hiebei Typhus-, eventuell auch Cholerakeime in Betracht, welche unter Umständen lange am Leben bleiben können, so dass ein solches Wasser längere Zeit infektiös sein kann.

Ein derartig verunreinigtes Wasser kann nicht nur als Trinkwasser, sondern auch in anderer Weise Schaden anrichten.

So hält z. B. selbst ein ziemlich schmutziges Wasser die Leute oft nicht ab, dasselbe zum Baden zu benutzen, wobei auch unfreiwillig ziemlich viel Wasser verschluckt werden kann; hauptsächlich trifft das bei den Kindern zu. Die Badanstalten sind bisweilen ganz nahe an den Mündungen der Kanäle gelegen, so dass Abfallstoffe ganz leicht durch Strömungen in deren Bereich gelangen können.

Auch das Waschwasser zum Reinigen der verschiedensten Gebrauchsgegenstände etc. kommt in Betracht. Brezina[4]) berichtet, dass man ein Waschschiff direkt unterhalb die Ausmündung eines

---

[1]) Emmerich. Z. f. Untersuch. v. Nahrungs- u. Genussm. 1904, Bd. 8. Heft 1.

[2]) Huntemüller, Vernichtung der Bakterien im Wasser durch Protozoen. Arch. Hyg. Bd. 54, S. 89.

[3]) Fehrs, Die Beeinflussung der Lebensdauer von Krankheitskeimen im Wasser durch Protozoen. Hyg. Rundschau XVI, Nr. 3, S. 113.

[4]) Brezina, Die Donau von Leopoldsberge bis Pressburg, die Abwässer der Stadt Wien und deren Schicksal nach ihrer Einmündung in den Strom. Z. f. Hyg. LIII. S. 369.

Kanals gelegt hat. Ebenso habe ich in Zug beobachten können, dass ganz in der Nähe eines Einlaufes Kleidungsstücke gewaschen wurden. Wenn nun auch eine Infektion auf diesem Wege nur in wenigen Fällen direkt bewiesen werden kann, so ist die Möglichkeit für eine solche doch vorhanden.

Der direkte Nachweis von Krankheitserregern im Wasser stösst nun oft auf erhebliche Schwierigkeiten. Beim Typhus kommt speziell die lange Inkubationsdauer in Betracht, welche bei dieser Krankheit 14 Tage und mehr beträgt, so dass die Keime schon längst wieder aus dem Wasser verschwunden sein können, wenn die ersten Fälle auftreten.

Da gerade die wichtigsten durch Wasser übertragbaren pathogenen Keime meist aus Darmentleerungen stammen, so kann es in Bezug auf die Beurteilung einer solchen Verunreinigungsgefahr genügen, wenn man den Beweis erbringt, dass ein Wasser durch Fäkalien verunreinigt worden ist. Das beste Mittel dazu liefert uns der Nachweis des Bact. coli commune, eines typischen Darmbewohners von Menschen und Tieren, der mit den Exkrementen stets in ungeheurer Zahl in die Kanäle gelangt.

Es dient uns gewissermassen als Indikator für Fäkalverunreinigung und ist oft zur Beurteilung eines Wassers herangezogen worden, unter anderm auch zum Studium der Selbstreinigung von Flüssen. Wenn bei einer Untersuchung kein B. coli gefunden wurde, so darf man mit ziemlicher Sicherheit annehmen, dass auch keine pathogenen Darmbakterien vorhanden sind.

Für den Nachweis dieser Bakterienart im Wasser kommen wir aber meist mit dem gewöhnlichen Plattenverfahren nicht aus. Es sind deshalb für diesen Zweck eine ganze Reihe von andern Methoden ausgearbeitet worden, welche mehr oder weniger sicher zum Ziele führen.

Eine sehr einfache und daher oft angewandte Methode ist diejenige von Freudenreich[3]), bei welcher 5 % Milchzuckerbouillon mit wechselnden Mengen Wasser versetzt und während 12—24 Stunden in den Brütschrank von 35° gebracht wird, wobei Gärung eintritt, wenn B. coli vorhanden ist.

Parietti[3a]) setzte der für die Auffindung des B. coli bestimmten Bouillon Salzsäure und Karbolsäure als Hemmungsmittel für andere Bakterien zu.

[1]) H. Hammerl. Über d. Vorkommen d. Bacterium coli im Flusswasser. H. R. J. Jahrgang 1897, S. 529.

[2]) Freudenreich, C. B. für Bakt. Bd. 18, S. 102. Über den Nachweis des Bact. coli communis im Wasser und dessen Bedeutung.

[3]) Parietti Nr. Riv. d'igiene e sanità 1890.

Meusburger und Rambousek[1]) haben die Pariettische Methode abgeändert, indem sie verschiedene Mengen desselben Wassers in verschieden saure Bouillon impften.

Auch Kleiber[2]) hat das Parietti-Verfahren modifiziert.

Macgill[3]) benützt zur Erkennung des Coli die grünlich fluoreszierende Verfärbung von Neutralrotbouillon.

Ficker[4]) macht das Wasser mit Soda alkalisch, erzeugt mit $FeSO_4$ einen Niederschlag, lässt absetzen, wodurch die Keime mitgerissen werden und untersucht den Niederschlag auf Coli.

Kaiser[5]) empfiehlt, gestützt auf die günstigen Resultate, die er damit erhielt, zur Anreicherung Heuinfus, ein Verfahren, wie es zuerst von Lignères[6]) angegeben wurde.

Eijkmann[7]) benützte die Eigenschaft des Bact. coli, bei 46° noch zu wachsen, zusammen mit dem Gärvermögen.

Sehr wertvoll für die Beurteilung von Verunreinigungen ist die ziemlich leicht ausführbare Bestimmung des Thermophilen- und Colititers nach Petruschky[8]).

Er bezeichnet die geringste Menge Wasser, die nach 24-stündiger Bebrütung noch gewöhnliche Bouillon zu trüben vermag, als Thermophilentiter und die geringste Menge Wasser, in welcher noch Coli nachgewiesen werden kann, als Colititer. Zur Aussaat verwendete er je nach der Verunreinigung des Wassers 0,1—0,000001 $cm^3$ Wasser. Bei stark verunreinigten Gewässern sollen Thermophilen- und Colititer miteinander übereinstimmen und man kann sich für rasche Orientierungen mit dem Thermophilentiter begnügen.

Kisskalt[9]), welcher das eben genannte Verfahren mit der Jodkaliumgelatinemethode verglich, fand den Colititer besser geeignet, da durch die Jodkaliumgelatine auch Coli in geringem Masse gehemmt wird. Er fand aber im Gegensatz zu Petruschky, dass der Coli- und Thermophilentiter nicht immer übereinstimmen.

---

[1]) Meusburger und Rambousek, Beitr. z. bakter. Nachweise v. Trinkwasser-Verunreinigungen anlässlich infekt. Erkrankungen. C. B. f. Bakt. 13, Bd. 32, S. 476.

[2]) Ant. Kleiber, Qualit. u. Quant. bakter. Unters. des Zürichseewassers. Diss.

[3]) Macgill, Ref. Hyg. R. 1902, S. 182.

[4]) Ficker, Ref. Hyg. R. 1904, S. 7. Über den Nachweis von Typhusbakterien im Wasser durch Fällung mit Eisensulfat

[5]) Kaiser, Über die Bedeutung des Bacterium coli in Brunnenwasser Arch. für Hyg., Bd. 52, S. 121.

[6]) Lignères, Nouveau moyen d'isolement du Colibacillus. Compt. rend. de la Soc. biolog. 1894, S. 200.

[7]) Eijkmann, C. f. Bakt. O., Bd. 37, S. 742. Die Gärprobe bei 46° als Hilfsmittel bei der Trinkwasseruntersuchung.

[8]) Petruschky u. Pusch, Thermophilentiter und Colititer als Grundlage für die Aufstellung des Verunreinigungsmasstabes von Wasserproben. Z. f. Hyg. XLIII, S. 304.

[9]) Kisskalt, Die Verunreinigung der Lahn und der Wieseck durch die Abwässer der Stadt Giessen, mit besonderer Berücksichtigung der üblichen Methoden zur Untersuchung von Flussverunreinigungen. Z. f. Hyg. u. Ges., Bd. LIII, S. 305.

Diese Anreicherungsverfahren gestatten grössere Mengen Wasser zur Untersuchung zu verwenden. Mit Hilfe derselben gelang es Bact. coli in vielen Gewässern zu finden, gelegentlich aber auch in solchen, wo eine Verunreinigung durch Fäkalien ausgeschlossen werden musste. Man begann daher an seiner Verwendbarkeit als Indikator für Verunreinigungen zu zweifeln. Einige behaupten sogar seine Ubiquität und sprachen ihm jede Bedeutung für die Abwasserbeurteilung ab. Nachdem diese Frage von den verschiedensten Seiten einer Nachprüfung unterzogen worden war, sprechen sich nun die meisten Autoren doch für die Verwendung des Coli als Indikator für Fäkalverunreinigung aus; nur dürfen bei der Beurteilung positiver Befunde keine zu weit gehenden Schlüsse gezogen werden.

Kaiser[1]) kam zu folgendem Schlusse: „Die Ansicht, das typische Bacterium coli oder die Coliarten seien in Brunnenwässern allgemein verbreitet, ist irrig. Eine gewisse Wahrscheinlichkeit spricht zugunsten der Verwendung des Bacterium coli als Indikator für Fäkalverunreinigungen. Die Ubiquität des Colibazillus, ja selbst der Coliarten ist irrig."

Croner[2]) vertritt in dieser Frage den Standpunkt, den ich auch als den meinen bezeichnen möchte, dass Wasser mit viel Bact. coli verdächtig ist, während, wenn nur wenig Bakt. coli gefunden wird, man weiter prüfen muss, ob dieser Befund ein regelmässiger oder nur zeitweiser sei.

Auch Vincent[3]) hält Bact. coli als einen Indikator für Verunreinigungen, besonders wenn er in grösserer Zahl gefunden wird.

Wir gehen wohl kaum fehl, wenn wir eine Verunreinigung durch Fäkalien ausschliessen, sobald Bacterium coli in einem Wasser fehlt, eine solche aber als erwiesen erachten, wenn dieser Mikrobe in grösserer Menge darin auftritt.

Die grösste Schwierigkeit liegt darin, dass es eine ganze Gruppe von einander sehr nahestehenden Bazillen gibt, die man als Bact. coli bezeichnet, deren scharfe Trennung oft auch unter Zuhülfenahme der verschiedensten Differenzierungsmerkmale kaum möglich ist. Es ist auch denkbar, dass ein typisches Bacterium coli durch längern Aufenthalt im Wasser geschädigt wird und gewisse Eigenschaften, z. B. die Indolbildung, verliert und dann nicht mehr als ein typisches Bacterium coli erscheint.

[1]) l. c.

[2]) Croner, Gesundh. Ing. XXVIII, Nr. 34, S. 553. Das Bacterium coli als Hilfsmittel bei der Trinkwasserbeurteilung.

[3]) H. Vincent, Sur la signification du bacillus coli dans les eaux potables: An. de l'Inst. Pasteur 1905 p. 23.

# Spezieller Teil.

Die Stadt Zug liegt am nordöstlichen Ende des Zugersees. Sie hat in NS-Richtung ihre grösste Ausdehnung (siehe Übersichtskarte). Das Seeufer macht im Bereich des Stadtgebietes eine starke Biegung und geht von der NO-Richtung in die NW-Richtung über. Die zugehörige Uferstrecke misst zirka 800 m; den südlichen Endpunkt bildet die alte Badanstalt und nordwestlich reicht sie bis zum Schützenplatz. Diese Uferzone ist von hauptsächlichster Bedeutung für die vorliegende Arbeit als Gebiet der stärksten Verunreinigung.

Die Stadt ist nicht in regelmässiger Weise am Ufer entlang gebaut, die Bodengestaltung verursachte eine anisodiametrische Ausdehnung. Ein Blick auf die Übersichtskarte am Schlusse dieser Arbeit lässt uns hauptsächlich zwei grössere Häuserkomplexe unterscheiden, die sich am zweckmässigsten abgrenzen lassen, wenn man von der „Platzwehre", jenem Ufervorsprung in der Stadt, eine Linie über den Postplatz nach Osten sich gezogen denkt. Den Teil südlich dieser Linie will ich als Altstadt bezeichnen, den andern Teil nördlich davon als Neustadt. Diese Einteilung entspricht allerdings nicht dem ortsüblichen Gebrauche, genügt aber vollständig für den vorliegenden Zweck und ist nebenbei bemerkt konform der historischen Entwicklung der Stadt. Die Altstadt dehnt sich mehr am Bergabhange aus, indessen die Neustadt nördlich davon auf dem flachen Talboden liegt.

Die ganze Stadt zählt zirka 5500 Einwohner. Die Schmutzwässer derselben gelangen zum grössten Teil in den See. Die Dolen sind teilweise gemauert, teilweise aus Zementröhren hergestellt. Von einer einheitlichen Kanalisation kann man nicht sprechen, indem viele solcher Dolen existieren, welche getrennt in den See münden und die Abwässer aus einem grösseren oder kleineren Teil (1—2 Gassen) sammeln. Nur in der Neustadt baute man in neuerer Zeit ein zusammenhängendes Dolensystem, das aber ebenfalls mehrere Ausmündungen am Ufer hat. Das Gefälle ist in der Altstadt gross, in der Neustadt hingegen gering.

Die Anlage von Kanälen in der Altstadt geschah schon ziemlich früh. In Dr. Stadlins Geschichte der Stadtgemeinde Zug findet sich Seite 489 eine Fussnote, aus der hervorgeht, dass dieselben etwa ums Jahr 1540 erstellt wurden mit dem Zwecke, „die Unreinigkeiten auszuführen". Wie weit sie aber den jetzigen entsprechen, kann ich nicht beurteilen.

Ausser diesen Dolen nehmen auch noch zwei kleinere, durch die Stadt fliessende Bäche, der Burgbach und der Moosbach, Schmutzwässer auf. Beide vereinigen sich und münden gemeinsam in der

Nähe der Platzwehre. Die Mündung ist als Dole F auf der Karte eingetragen.

Zum Teil sind die Aborte und die Schüttsteine direkt an die Dolen angeschlossen, zum Teil indirekt, indem viele Häuser noch Gruben besitzen, welche meist durch Überläufe mit den Kanälen verbunden sind. Die Fäkalien, Küchenwässer etc. gelangen zuerst in diese Gruben, wovon ein Teil von Zeit zu Zeit geräumt wird. Die Abfuhr der Jauche ist verhältnismässig gering, wohl höchstens ein Drittel; im Sommer beschränkt sie sich auf ein Minimum, indem nach einer Verordnung nur bis 8 Uhr morgens Jauche aus der Stadt ausgeführt werden darf; im Frühjahr und Herbst ist sie etwas grösser. Ein Teil der Gruben mit Überläufen wird nur sehr selten geleert.

Wie bekannt sind bei Grubenaborten mit Wasserspülung solche Überläufe absolut notwendig, weil sonst die Gruben zu gross dimensioniert oder zu häufig geleert werden müssten; aber auch wo keine Wasserspülung eingerichtet ist, sind in Zug Grubenüberläufe vorhanden.

Die erste Zersetzung der Abwässer vollzieht sich in diesen Gruben und es gehen die Abfallstoffe in gelöstem oder stark zerkleinertem Zustande in die Dolen über. Für den Reinheitsgrad des Sees ist dies ein sehr günstiges Moment, indem dadurch die Verunreinigung viel weniger auffällig wird, da die Verarbeitung der festen Stoffe teilweise schon stattgefunden hat. Hauptsächlich sind es die grösseren Schwimmkörper, welche dem Seewasser das schlechte Aussehen verleihen und diese werden durch die Gruben meistens zurückgehalten; in feiner Verteilung bewirken die Stoffe nur eine leichte Trübung, die viel weniger auffällig und störend ist. Die Gefahr einer lästigen Verschlammung des Sees ist dadurch bedeutend geringer. Trotz dieser Vorteile wird man kaum dem jetzigen System das Wort reden können, denn die Kanalluft wird dadurch viel schlechter und die Gruben bilden für ein Gebäude stets eine mehr oder weniger grosse Belästigung, weshalb man allgemein darnach trachtet, die Abfallstoffe möglichst rasch zu entfernen und nicht in der Nähe der Wohnungen aufzuspeichern.

Der Kehricht wird wöchentlich zweimal abgeführt und zur Uferauffüllung weit ausserhalb der Stadt verwendet. Das verhindert aber nicht, dass doch allerlei feste Stoffe (Küchenabfälle, Holzspäne, Korke etc.) durch die Dolen in den See gespült werden, wie ich mich oft überzeugen konnte.

Ich will nicht unterlassen, auf die eigenartigen Verhältnisse hinzuweisen, wie sie in Zug bis in die achtziger Jahre bestanden haben.[1])

[1]) Nach mündlichen Mitteilungen von zuverlässiger Seite.

Es gab eine Reihe Häuser in der Altstadt, die weder Gruben hatten, noch an eine Dole angeschlossen waren. Zwischen zwei Häuserreihen ist der ganzen Länge nach ein 2—3 m breiter Durchgang, vergleichbar einer engen Gasse, der „Graben" genannt. Die Aborte dieser Häuser mündeten in diesen Graben. Auf den Boden wurde zuerst eine Lage Stroh gebracht, darauf kamen die Hausabfälle, Fäkalien etc., welche dann wieder mit Stroh zugedeckt wurden usw. So bildete sich im Laufe des Jahres ein Komposthaufen, der jeweils im Frühling aus diesem Graben heraus auf die Felder geschafft wurde. Jeder Hauseigentümer hatte so seinen eigenen, abgegrenzten Düngerhaufen, der an einigen Orten durch das Haus hindurch wegtransportiert werden musste. Der Boden dieses Grabens war nicht etwa dicht. Hie und da kam es vor, dass bei Regenwetter die Jauche in die Häuser eindrang. Auffallend lang haben sich diese unhygienischen Zustände halten können, doch findet dies in folgendem seine Erklärung.

Die Bürgergemeinde Zug hat eine sehr reiche Korporation und jeder Bürger und jede Bürgerin erhielt früher ein grösseres Stück Land zur Nutzung. Dieses wurde von den einzelnen Familien meistens selbst bebaut und fand deshalb der Dünger sehr gute Verwendung. Wohl sind nun diese Gräben verschwunden, mustergültig können die Verhältnisse aber auch heute noch nicht genannt werden, indem die Kanalisation sehr zu wünschen übrig lässt.

Die Einmündungen der Dolen (je 7—8 in beiden Stadtteilen) verteilen sich auf eine Strecke von 800 m. Sie sind auf der Karte mit grossen Buchstaben bezeichnet. A-G haben ihr Einzugsgebiet in der Altstadt, die übrigen kommen aus der Neustadt. Fast alle Dolen münden hart am Ufer ungefähr auf Mittelwasserhöhe ein; einzig B ist in den See hinaus verlängert und stets unter Wasser.

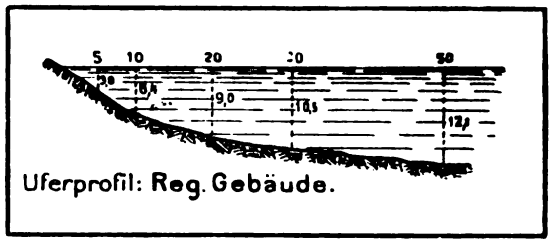
Die Uferlinie in der Stadt zeigt kleinere Einbuchtungen und Vorsprünge. In der Mitte der Stadt ist die schon erwähnte Platzwehre, eine Kunstbaute, die 50–60 m weit in den See hinausragt und als Landungssteg für die Dampfschiffe dient.

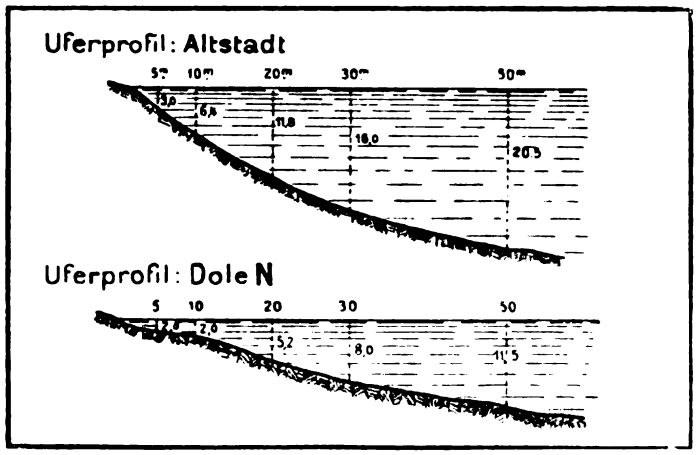
Dadurch wurde auf der nördlichen Seite ein windgeschützter Landungsplatz für kleinere Schiffe erhalten. Es münden hier die Dolen G und H.

Ungefähr 200 m nördlich der Platzwehre finden wir eine Einbuchtung des Ufers, die ich im folgenden als „Rigibucht" bezeichnen will. Diese wurde durch die Katastrophe von 1887 gebildet, bei welcher ein Teil des Ufers in den See versank. Ausser den genannten Unregelmässigkeiten verläuft die Uferlinie ziemlich gerade und nur wo Bäche einmünden, haben sich kleinere Delta gebildet.

Von der alten Badanstalt bis zum Schützenplatz hat man ausschliesslich Mauern als Uferbegrenzung und ebenso südlich der Stadt; nordwestlich davon hingegen fehlen sie; hier treten rasch Schilfbestände auf.

Der Seegrund zeigt, wie aus den nachstehenden Uferprofilen nach J. Hörndlimann vom Jahre 1887 hervorgeht, südlich und nordwestlich der Platzwehre verschieden starke Böschung.




In der Altstadt ist die Böschung am stärksten, geringer beim Regierungsgebäude, am geringsten bei der Dole N. Der Unterschied lässt sich auch aus folgender Tabelle ersehen, wo die betreffenden Tiefen in gleichen Entfernungen vom Ufer angegeben sind.

| Entfernung v. Ufer | Altstadt | Reg.-Gebäude | Dole N |
|---|---|---|---|
| 5 | 3,0 | 3,0 | 2,0 |
| 10 | 6,4 | 6,4 | 2,0 |
| 20 | 11,8 | 9,0 | 5,2 |
| 30 | 16,0 | 10,5 | 8,0 |
| 50 | 20,5 | 12,1 | 11,5 |
| 100 | 27,0 | 17,4 | 15,4 |

Die Zahlen zeigen uns, dass die Sohle des Sees nach Süden abfällt. Der See ist durch Senkung des Tales entstanden; das Profil der Dole N zeigt am ehesten die Neigung der Seesohle, indem es ungefähr in der Längsrichtung derselben verläuft. Die andern Profile sind Querprofile, welche die Böschung des Seitengehänges zeigen.

## Art und Herkunft der Abwässer.

Die Abwässer, welche in den See geleitet werden, stammen, wie teilweise schon erwähnt, meistens aus dem Haushalte; es sind Abortwässer, Küchenwässer, Spülwässer von Waschküchen etc., dazu kommen noch Strassenschmutzwässer und wenige technische Abwässer. Sie sind reich an gelösten und suspendierten organischen Stoffen und beim Einfluss in den See meistens schwach getrübt. Die mitgeführten Schwimmkörper bestehen hauptsächlich aus kleineren und grösseren Papierfetzen, Gemüseabfällen etc.; selten hingegen konnte ich Fäkalklumpen beobachten.

Die gewerblichen Abwässer kommen hauptsächlich aus der Neustadt und sind ebenfalls vorwiegend organischer Natur. Die Hauptmenge lieferten früher die neun Schlächtereien. In neuerer Zeit wird das Grossvieh in einem Schlachthause ausserhalb der Stadt geschlachtet, wo die Abwässer in Gruben aufgefangen und nicht in den See geleitet werden. (In den Schlächtereien der Stadt wird meistens nur noch Kleinvieh getötet.) Die fünf Brennereien und eine Seifensiederei liefern geringere Mengen Abwasser.

Rein anorganisches Abwasser liefert die Metallwarenfabrik, es ist eisenhaltig und unterscheidet sich deutlich durch die rotbraune Trübung.

An Regentagen kommen natürlich grosse Mengen Strassenschmutzwässer hinzu, die besonders in die Augen fallende Trübungen verursachen; so schwellen der Burgbach und der Moosbach jeweils stark an und bringen dann viele Schmutzstoffe in den See, die sie teilweise in ihrem Oberlaufe, wo sie durch gedüngte Wiesen fliessen, aufgenommen haben.

Ganz ähnlich sind die Verhältnisse beim Aabach. Dieser fliesst aber nicht durch die Stadt, nimmt keine eigentlichen Abwässer auf und bewirkt daher nur in geringem Masse eine Verunreinigung des Sees.

## Makroskopisch sichtbare Verunreinigung.

Ein ziemlich richtiges Bild von der Verunreinigung des Sees erhält man schon durch das blosse Begehen des Ufers. An einem klaren, ruhigen Tage ist es möglich, den Seegrund auf eine Ent-

fernung von 3—5 m vom Ufer zu beobachten. Stellenweise hat er normales Aussehen, anderorts ist er bedeckt mit Abfällen aller Art und besonders die reichliche Menge Papierfetzen in der Nähe der Mündungen der Kanäle verraten eine hochgradige Verunreinigung, die sich aber nicht an allen Einläufen in gleich auffälliger Weise zu erkennen gibt. Hat der Seegrund geringe Böschung, so kann man bis weit hinaus die weissen Papierfetzen und sonstigen Abfälle sehen. Weniger hochgradig wird die Verunreinigung an Stellen mit starker Böschung; die rasch zunehmende Tiefe verhindert die Beobachtung des Grundes seewärts auf eine grössere Strecke; die Abfälle gelangen erst in der Tiefe zur Ablagerung. Ausserdem kann man am ganzen Ufer entlang Eisenabfälle, zerschlagenes Geschirr und anderes mehr sehen, was uns deutlich zeigt, dass man den See als Ablagerungsplatz für die verschiedensten Abfälle betrachtet.

Auch schwimmende Korke, Orangenschalen, Fettmassen, Öl, Holzasche etc. verraten nicht selten die stattfindende Verunreinigung. Durch den Wind werden diese Schwimmstoffe hin und her getrieben und häufen sich an windgeschützten Uferstellen an oder werden in eine Bucht geschwemmt, wo sie dann am Ufer liegen bleiben. Das trifft beispielsweise in der Rigibucht zu, wo durch den vorherrschenden Westwind diese Stoffe angehäuft werden; man sieht hier neben anderen Dingen einen Haufen von Schilfrohrstücken, die zersetzt werden und nach und nach zerfallen. Durch keinen andern Wind können diese Stoffe etwa wieder in den See hinaus geschafft werden, denn der Nordwind, von dem einzig eine diesbezügliche gute Wirkung zu erwarten wäre, ist zu schwach und vermag an dieser geschützten Stelle nicht zu wirken.

Ganz ähnlich schlimm sind die Verhältnisse bei der Platzwehre, wo die Dole G mündet. Sowohl der West- als auch der Südwind werden durch diesen Ufervorsprung abgehalten und der Nordwind treibt die Stoffe gerade in jene Ecke. Die Schwimmstoffe, die aus den Dolen kommen, häufen sich meistens direkt vor den Mündungen an und es bildet sich in solchen Fällen eine ekelerregende Decke auf dem Wasser.

Besonders bei starkem Sturm können oft solche Mengen Stoffe angetrieben werden, dass man sie durch Stadtarbeiter wegtransportieren muss.

Um diesem Übelstande etwas abzuhelfen, hat man die Dole F verlegt; sie mündet jetzt gemeinsam mit der Dole D. Trotzdem war der Seegrund dort noch nach Jahresfrist mit Abfallstoffen bedeckt und es wird wohl, auch wenn keine neuen Schmutzstoffe durch die Dolen zugeführt werden, noch längere Zeit gehen, bis sie auf-

gearbeitet sind. Fortwährend aufsteigende Gasblasen verraten intensive Zersetzungsvorgänge, welche durch die geringe Seetiefe von ungefähr 50 cm und die hohe Temperatur des Wassers im Sommer von 20 und mehr Grad begünstigt werden. Selbst im Winter hören sie nicht auf, so dass ich z. B. am 30. Januar 1906 reichlich Gasblasen beobachten konnte, obschon die Temperatur des Wassers an der Oberfläche nur 4° betrug. Ähnliches kann man nicht nur an der Platzwehre, sondern auch an andern Stellen beobachten, wo Kanäle in den See einmünden.

Die Einläufe der Kanäle geben sich auch durch Trübungen zu erkennen, welche, wie bereits bemerkt, von den Hausabwässern stammen, die meistens schwärzlich getrübt sind. Die Spülwässer der Schlächtereien sind durch beigemischtes Blut rot gefärbt. Die Abwässer aus den Waschküchen dagegen werden durch das fettsaure Calcium weiss getrübt.

Bei der Dole H konnte ich einmal deutlich das Einfliessen von Blut beobachten. Da die Dole sehr geringes Gefälle hat und die Abwassermenge in jenem Momente klein war, trat in der Weise Schichtung ein, dass das Blut mehr am Grunde blieb. In von der Oberfläche geschöpftem Wasser konnte ich nur eine ganz schwache rötliche Färbung beobachten.

Starke Trübungen erhält man, wie erwähnt, besonders an Regentagen, wenn die Strassenschmutzwässer in den See einfliessen. Von den Dolen aus gehen dann trübe Streifen in den See hinaus, die anfangs schmal und scharf begrenzt sind, sich aber nach aussen verbreitern; zugleich wird die Trübung schwächer und verschwindet in einiger Entfernung vom Ufer ganz. So ist die Erscheinung bei ruhigem Wetter und schwachem Winde; bei starken Winden aber ziehen sich die Trübungen mehr dem Ufer entlang und reichen bisweilen von der Altstadt bis in die Rigibucht.

Die Dolen K und N nehmen die eisenhaltigen Abwässer der Metallwarenfabrik auf und das oxydierte Eisen bedingt eine rotbraune Färbung. Diese hat schon oft zu Klagen Anlass gegeben. Am 18. Mai 1906 war sie besonders stark und erstreckte sich von der Mündung bis über 50 Meter weit in den See hinaus. Es wehte ein mässig starker Nordwind, der die Verbreitung der trüben Abwässer begünstigte.

Neben den genannten deuten auch andere Erscheinungen auf die Verunreinigung des Sees hin. Die Wasseroberfläche ist bisweilen mit einer grauen, äusserst feinen Schicht bedeckt, die jeweils am deutlichsten zu beobachten ist, wenn einige Tage klares, ruhiges Wetter war. Diese ganz feinen Schwimmstoffe stauen sich dann in

der Nähe des Ufers an und bilden eine zusammenhängende, graue Decke, die 40—50 Meter weit in den See hinaus reichen kann. Sobald aber ein Wind weht, verschwindet sie, die Schwimmstoffe werden dann an gewissen Uferstellen zusammengetrieben, wo sie einen ekligen Schaum auf dem Wasser bilden. Nicht selten kann man irisierende, längs des Ufers hinziehende Ölstreifen beobachten.

Ganz besonders interessant ist das winterliche Bild der Verunreinigung, wenn sich beinahe am ganzen Ufer entlang die Abwasserpilze Sphaerotilus natans und Leptomitus lacteus kräftig entwickeln. Hauptsächlich bei den Kanalmündungen kommen sehr starke Wucherungen vor und Steine und Pfähle sind mit einem weissen, zottigen Belag bedeckt. Am 30. Januar 1906, zur Zeit einer besonders kräftigen Entwicklung der Abwasserflora, suchte ich mehrere Mündungen ab. Bei der Dole B war der Seegrund (soweit man sehen konnte) mit diesem zottigen Belag bedeckt, der sich von der Mündung an fächerförmig nach aussen verbreiterte. Infolge der starken Böschung des Grundes konnte man nur auf eine kurze Strecke beobachten. Einzelne der weissen Zöpfe hatten eine Länge von 10 cm. Die mikroskopische Prüfung ergab, dass der Hauptbestand Leptomitus lacteus war; Sphaerotilus natans trat gegenüber diesem Pilz etwas zurück; vereinzelt konnten auch einige Oscillatorien und ganz wenige Beggiatoafäden beobachtet werden.

Ebenso konnte man bei der Dole C wieder diesen weissen Belag am Grunde beobachten, der hier mehr schleimig und weniger zottig war, sich aber auch seewärts fächerförmig verbreiterte. Neben vereinzelten Beggiatoafäden war hauptsächlich Sphaerotilus natans und etwas weniger reichlich Leptomitus lacteus zu finden und dazu gesellte sich noch Carchesium Lachmanni, das jedenfalls dem Belag das schleimige Aussehen verliehen hat. Trotz eifrigen Suchens konnte ich an keiner andern Stelle Carch. Lachm. wieder finden.

Bei allen Dolen, die in der Nähe der Platzwehre münden, waren solche Wucherungen von Abwasserpilzen zu beobachten und da das Bild an allen Kanalmündungen ungefähr das gleiche war, so will ich nur die Verhältnisse an einer Stelle etwas näher beschreiben. Bei der auf der Karte mit F bezeichneten Mündung des Burgbaches, der hier ein ganz kleines Delta gebildet hatte, betrug die Wassertiefe in 2 m vom Ufer nur etwa 10 cm. Der Wasserstand des Sees war zudem sehr niedrig und deshalb die Kanalmündung über Wasser. Von dieser an auswärts war zunächst ein schmaler, seitlich scharf begrenzter Belag zu sehen. Links und rechts davon konnte man ganz nahe am Ufer keine Spur einer Wucherung entdecken, der Seegrund hatte normales, sandiges Aussehen. Erst in 4—5 m Entfernung ent-

wickelte sich der Belag kräftiger und der anfänglich schmale Streifen breitete sich auch stark seitlich aus.

Auf die seitlich scharfe Begrenzung des Belages habe ich schon bei der Dole D hingewiesen. Das Bild entspricht ganz den Trübungen und deutet darauf hin, wie die Mischung des Abwassers mit dem Seewasser erfolgt. Da die Kanäle meistens auf der Höhe des Seespiegels münden und das Wasser in denselben eine bestimmte Geschwindigkeit hat, so tritt nicht sofort eine gründliche Mischung von Kanal- und Seewasser ein. Die Strömung des Kanalwassers hält noch eine Zeit an, wobei dieses noch mehr oder weniger beisammen bleibt. Erst in einiger Entfernung tritt vollständige Mischung ein. Das scheint mir zu erklären, warum der Pilzbelag diese scharfe seitliche Begrenzung zeigt und sich erst in einiger Entfernung vom Ufer in grösserer Ausdehnung entwickelt; andererseits wirkt der Wellenschlag zerstörend auf die Pilzvegetationen, so dass bei geringer Tiefe schon ganz schwache Wellen für deren Entwicklung hindernd sind.

Äusserst starke Wucherungen waren auf der nördlichen Seite der Platzwehre zu beobachten. Sphaerotilus natans entwickelte sich besonders kräftig und so weit man sehen konnte, war der Grund damit bedeckt. Die mikroskopische Untersuchung der Proben ergab fast ausschliesslich nur diese Pilzart, daneben noch Leptomitus lacteus und vereinzelt Cladophora fracta und Oscillatorien. Dieser vor Wind und Wellen geschützte Seeteil ist für die Entwicklung der Abwasserpilze besonders günstig. Auch bei den andern Dolen in der Neustadt konnte man diese Wucherungen sehen, wenn sie auch nicht so üppig waren wie bei der Platzwehre.

In den Wellenfurchen fand sich oft ein rotbrauner Belag, aus Diatomeen, Leptomitus lacteus und Detritus bestehend.

Wie ich bereits bemerkt habe, wirken Stürme zerstörend auf diese Pilzvegetationen. Am 2. Januar 1906 beobachtete ich kräftige Wucherungen am ganzen Ufer entlang. Nach den Stürmen vom 6., 7. und 8. Januar 1906 war am 9. Januar nichts mehr zu beobachten; die Abwasserflora trat dann aber kurze Zeit hernach wieder auf und zu Ende Januar waren die Wucherungen gerade wieder so üppig wie zu Anfang des Monats.

Diese Flora verschwand im Frühling relativ sehr früh, was übereinstimmt mit anderweitig gemachten Erfahrungen.

## Untersuchung der Durchsichtigkeit des Seewassers.

Diese Untersuchungen wurden mit der Transparenzscheibe ausgeführt, eine Methode, welche ich als bekannt voraussetze.[1]) Dieselbe

[1]) Siehe auch Pfenninger l. c.

ist indessen nur für grössere Wassertiefen anwendbar. Am Ufer konnte ich sie somit nicht verwenden. Im Speziellen verfuhr ich so, dass ich die Scheibe hinunterliess, bis sie dem Auge verschwand und sie dann wieder heraufzog, bis sie eben sichtbar wurde. Das Mittel aus diesen beiden Tiefen ergab mir die Transparenz. Natürlich verschwindet die Scheibe umso plötzlicher, je dichter und je schärfer die Trübung ist.

Ich nahm solche Untersuchungen nur bei ruhigem See vor, indem bei Wind das Schiff fortwährend von der Stelle bewegt wird, was die Tiefenmessung mittelst der von der Senkrechten abweichenden Aufhängeschnur erschwert. Zugleich sind die Reflexe der Wellen sehr störend. Übrigens konnte ich auch bei Windstille einen gewissen Einfluss der Beleuchtung auf solche Beobachtungen konstatieren. So erwies es sich z. B. als nicht ganz gleichgültig, ob man im Schatten des Schiffes oder auf der der Sonne zugekehrten Seite desselben untersuchte, wobei offenbar die Blendung durch die von der Wasserfläche reflektierten Strahlen in Betracht kommt. Diese Fehlerquellen können allerdings in vielen Fällen durch Anwendung eines weiten in das Wasser eingesenkten Beobachtungsrohres vermieden werden. Bei sehr stark bewegtem See ist dasselbe aber kaum zu gebrauchen.

Bei der Probeentnahme am 11. Juli 1905 war die Transparenz in 1950 m Entfernung vom Ufer 4,20 m, bei Punkt II in 50 m Entfernung jedoch nur 2,90 m. Die Beleuchtung hatte allerdings von der einen Messung zur andern gewechselt, die Differenz kann aber nicht allein durch diesen Faktor bedingt sein. An andern Punkten wurden eben in Rücksicht auf die veränderliche Lichtintensität an diesem Tage keine Bestimmungen gemacht. Immerhin zeigt diese Messung (was man auch erwarten konnte), dass die Transparenz des Seewassers in der Nähe der Stadt abnimmt.

Zwei Tage nach dieser Untersuchung bestimmte ich von neuem die Transparenz an den folgenden Stellen. Die Witterung war günstig. Windstille und Sonnenschein.

| Punkte | Entfernungen v. Ufer | Transparenz in m |
|---|---|---|
| VII | 930 | 4,10 |
| VI | 340 | 4,05 |
| IV | 200 | 3,30 |
| II | 50 | 3,60 |

Hieraus ersieht man wieder, wie die Transparenz gegen das Ufer zu abnimmt.

Am 14. August 1906 wurden bei wolkenlosem Himmel und vollständig ruhigem See weitere Bestimmungen gemacht. Sie erfolgten nachmittags 3 Uhr, also bei hohem Sonnenstande und hatten den

Zweck, die Transparenz in grosser und geringer Entfernung von der Stadt zu bestimmen.

| | | |
|---|---|---|
| 700 m vom Ufer | Transparenz | 4,00 m |
| 100 „ ausser der Dole D | „ | 3,70 „ |
| 50 „ bei Punkt II | „ | 2,95 „ |
| 30 „ von Dole K | „ | 3,00 „ |
| In der Mitte der Rigibucht | „ | 3,20 „ |

Messung vom 23. August 1905:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 50 m | ausser der alten Badanstalt | betrug die Transparenz | 3,60 | m |
| 100 m | „ „ Dole D | „ „ „ | 3,20 | „ |
| 150 m | „ „ Platzwehre | „ „ „ | 3,60 | „ |
| Bei der Mündung der Dole K | | „ „ „ | 2,55 | „ |
| In der Mitte der Rigibucht (60 m v. Ufer) | | „ „ „ | 3,50 | „ |

Man sieht daraus, dass die Uferzone in der Stadt verschieden stark verunreinigt ist.

Wenn man, wie bei der Untersuchung vom 14. Juli 1905, in 700 m Entfernung eine Transparenz von 4 m, in 100 m Entfernung aber nur eine solche von 3,70 m findet, so dass auf eine horizontale Distanz von 600 m der Unterschied nur 30 cm beträgt, mag dies eines Teils beweisen, dass die Methode nicht scharf genug ist, andern Teils aber, wie auch aus späteren Untersuchungen hervorgehen wird, dass die Verunreinigung gar nicht so weit in den See hinausreicht, wie man etwa zu glauben geneigt wäre. Die Uferzone ist allerdings stark verunreinigt, Verdünnung und Sedimentation sind aber so bedeutend, dass man feinere Methoden anwenden müsste, um in relativ kleinen Entfernungen noch die Wirkung der Verunreinigung zu erkennen. Hiefür erwies sich die bakteriologische Untersuchung als viel geeigneter.

## Bakteriologische Untersuchungen.

Ich hatte anfänglich die Absicht, auch einige chemische Untersuchungen vorzunehmen. Die für die vorliegenden Verhältnisse in erster Linie in Betracht fallende Bestimmung der organischen Substanz (Permanganatverbrauch) hatte aber nicht den gewünschten Erfolg.

Der Unterschied im Permanganatverbrauch von Wasserproben ganz nahe am Ufer, wo der See sichtbar stark verunreinigt war, und solchen in 2—300 m Entfernung davon, wo man wieder ziemlich reines Wasser vorfand, erwies sich als äusserst gering oder war gar nicht zu beobachten. Die Resultate lassen sich erklären, wenn man

die hier vorliegende starke Verdünnung in Betracht zieht. Dieses Reagens war also zu wenig empfindlich, um in geringer Entfernung vom Ufer die Verunreinigung noch deutlich anzuzeigen.

Nach diesen Misserfolgen und aus verschiedenen andern Gründen habe ich die chemische Untersuchung aufgegeben und mich nunmehr einzig der für diesen Zweck besonders geeigneten bakteriologischen Methode bedient, denn obschon von der Chlorbestimmung eventuell etwas mehr zu erwarten gewesen wäre, glaube ich kaum, dass sie besonders brauchbare Resultate geliefert hätte. Vor allem konnten mit der bakteriologischen Methode Unterschiede in der Verunreinigung leichter konstatiert werden, sie war um so eher zu gebrauchen, als es sich bei der vorliegenden Arbeit meist nur um organische Abwässer handelt. Die gewerblichen Abwässer sind so verschwindend, dass sie die chemische Zusammensetzung des Seewassers kaum beeinflussen. In dieser Beziehung käme einzig das eisenhaltige Abwasser der Metallwarenfabrik in Betracht, welches aber das Eisen nicht gelöst[1]), sondern in fester Form als basisches Eisenkarbonat enthält, wie die rötlich-flockigen Trübungen zeigen. Eine Verminderung des Keimgehaltes durch Säuren u. dgl. konnte bei der betreffenden Dolenmündung nicht beobachtet werden.

Gerade die fäulnisfähigen Abwässer, wie sie vom Haushalte geliefert werden, bilden für die Bakterien einen geeigneten Nährboden.

Eine geringe Verunreinigung durch organische Substanzen gibt sich in dem betreffenden Wasser durch eine starke Vermehrung des Keimgehaltes zu erkennen. Die Bakterien sind daher das schärfste Reagens auf fäulnisfähige Substanzen im Wasser und um solche handelte es sich in erster Linie. Damit soll selbstverständlich die Bedeutung der chemischen Untersuchung nicht etwa geschmälert werden, in andern Fällen kann sie sehr wertvoll, unter Umständen allein ausschlaggebend sein.

In gleichem Sinne spricht sich auch Fischer[2]) aus. Er hat neben der bakteriologischen Methode jeweils auch die Oxydierbarkeit, den Chlorgehalt etc. bestimmt und dabei beobachten können, dass mit der zunehmenden Reinheit in chemischem Sinne stets eine Abnahme des Keimgehaltes Hand in Hand ging. Die Resultate beider Methoden deckten sich also soweit vollständig. Aber selbst an Stellen, wo man aus den chemischen Befunden bereits wieder auf reines Wasser hätte schliessen müssen, fand er noch erhöhte Keimzahlen, welche einzig noch die tatsächlich bestehende Verunreinigung anzeigten.

---

[1]) Mitteilung von Prof. Bieler, Kantonschemiker.
[2]) l. c.

Auch bei den erwähnten Untersuchungen des Hafens von Christiania[1]) wurde neben der Chlorbestimmung fast ausschliesslich die bakteriologische Methode angewendet.

Ebenso günstig urteilen K. Kisskalt[2]) und E. Brezina[3]) über den Wert der Bestimmung des Keimgehaltes bei Abwasseruntersuchungen.

Ausser den Keimzahlen untersuchte ich das Seewasser auch auf das Vorkommen von Bacterium coli commune, welches, wie früher erwähnt, der beste Indikator für Fäkalverunreinigungen ist.

Die Wasserproben entnahm ich zum Teil an der Oberfläche, zum Teil in der Tiefe.

Um die einmal gewählten Fassungsstellen wieder leicht aufzufinden, wurden von jeder derselben aus zwei Linien festgelegt, was mit Hilfe von vier Fixpunkten, möglichst weit auseinander gelegenen Häusern am Bergabhang, meistens leicht gelang. Jede Stelle war also Schnittpunkt zweier dieser genau bestimmten Geraden, welche, wenn es immer anging, so gewählt wurden, dass sie einen annähernd rechten Winkel miteinander bildeten. Auf der Karte sind diese Punkte mit römischen Zahlen bezeichnet. In der Nähe des Ufers sind sie zahlreicher und näher beieinander als gegen den offenen See hinaus. Die Wahl musste so getroffen werden, weil in grösserer Entfernung vom Ufer die Verdünnung so stark ist und die Mischung des Wassers sich so vollständig vollzogen hat, dass auf horizontale Distanzen von 100—200 und mehr Meter kein wesentlicher Unterschied im Bakteriengehalt konstatiert werden konnte.

Da es sich vorab um das grosse ganze Bild der Verunreinigung handelte, so wählte ich die innersten Punkte in 50 m Entfernung vom Ufer, denn bei grösserer Annäherung an die Ausmündungen hätte man Gefahr laufen müssen, in den Trübungsbereich einer einzelnen Dole zu kommen. Erst später wurde bei den einzelnen Kanalmündungen untersucht und die nötigen Wasserproben an Stellen ganz nahe am Ufer entnommen, um zu bestimmen, in welcher Weise die Mischung des Abwassers mit dem Seewasser erfolgt. Diese Untersuchungsstellen sind auf der Skizze Nr. 2 angegeben. Punkt VII und VIII[4]) dienten mit zur Entnahme möglichst reinen Seewassers zum Zwecke des Vergleichs mit dem verunreinigten.

Die Probeentnahme erfolgte nicht in regelmässigen Zeitintervallen, sondern ich richtete mich nach den Witterungsverhältnissen, um deren Einfluss zu bestimmen, was mir besonders wichtig schien.

[1]) l. c.
[2]) l. c.
[3]) l. c.
[4]) Punkt VIII ist auf der Karte nicht eingezeichnet. Er befindet sich etwa 1 Kilometer seewärts von Punkt VII.

Ich bediente mich eines mittelgrossen Ruderbootes, das mir allerdings nicht gestattete, auch bei starkem Wind Proben zu fassen. Bei windstillem Wetter war es leicht, den betreffenden Punkt genau zu befahren und Oberflächen- und Tiefenproben zu entnehmen, aber schon bei schwachem Wind schwer, denselben ganz genau inne zu halten, weil das Schiff abgetrieben wurde. In solchen Fällen suchte ich den Punkt in der Weise festzuhalten, dass ich durch den Fährmann das Schiff mit der Spitze gegen den Wind stellen liess und dieser durch beständiges schwaches Rudern der Abtreibung entgegenarbeitete. Dies durfte natürlich nur bei den Probeentnahmen aus grösserer Tiefe von 10 m und mehr geschehen, nachdem man im ersten Anfahren an die Stelle die Oberflächenproben gefasst hatte.

Letzteres geschah in folgender Weise: Es wurde langsam an die betreffende Stelle gefahren, dann mit Hilfe einer Stange, die an einem Ende eine Messinghülse trug zur Aufnahme der sterilisierten Kappenflaschen, von der Spitze des Schiffes aus, möglichst weit davon weg, das Wasser entnommen. So war eine störende Verunreinigung der Wasseroberfläche durch das Schiff ausgeschlossen.

Für die Proben aus der Tiefe verwendete ich einen modifizierten Russelschen Apparat, bei dem eine verschlossene und leer gepumpte Röhre in die gewollte Tiefe versenkt und dort durch ein Laufgewicht geöffnet wird. Der schwerer zu sterilisierende Kautschukverschluss der Russelschen Röhre war durch einen leicht sterilisierbaren Messingverschluss ersetzt, in den ein gebogenes Glasröhrchen vermittelst Stopfbüchse festgepresst werden kann. Die vollständige Dichtung erfolgt mit sterilisiertem Paraffin.

Nach beendigter Probeentnahme wurde das Wasser jeweils sofort im kantonalen Laboratorium in Zug zu Kulturen verarbeitet und so Fehler, die durch einen längeren Transport des Wassers hätten entstehen können, vermieden.

Von jeder Probe wurden stets zwei Petrischalen oder Petruschkyflaschen gegossen, wenn nötig unter Zuhilfenahme der Verdünnung mit sterilem Wasser. Die fertigen Kulturen wurden dann im bakteriologischen Laboratorium des Polytechnikums weiter untersucht. Die letzte Zählung erfolgte gewöhnlich fünf Tage nach der Aussaat, später war eine solche wegen der Verflüssigung der Gelatine oft nicht mehr möglich. Übrigens suchte ich diesen Termin möglichst bei allen Zählungen einzuhalten, da es sich meist um Vergleiche handelte. In vereinzelten Fällen, besonders bei ganz nahe am Ufer gefassten Proben, konnten die Kulturen nur vier Tage gezählt werden.

Als Nährboden verwendete ich Fleischwasserpepton-Gelatine, der nach der Neutralisierung 0,15 % Soda zugesetzt wurde.

Es war mir wie gesagt hauptsächlich darum zu tun, ein Bild über die Grösse der Verunreinigung zu gewinnen, d. h. zu bestimmen, wie weit in den See hinaus sie sich bemerkbar mache. Ausserdem suchte ich festzustellen, welchen Einfluss meteorologische Faktoren auf dieselben ausüben und wie die Verteilung der Abwässer im Seewasser erfolgt. Die Stellen, an denen ich die Proben entnahm, wählte ich je nach Witterung, Windrichtung etc.

Bei den drei folgenden Untersuchungen vom 2., 8. und 15. Mai 1905, wo ausschliesslich Oberflächenproben gefasst wurden, handelte es sich um eine vorläufige Orientierung.

### Untersuchung vom 2. Mai 1905.

Witterung am Tage vorher: bewölkt, Wind SW (0—5).
„ „ Untersuchungstage: hell-bewölkt, nachmittags Regen, Wind NW 0—5.

Mittlere Lufttemperatur: 8,5°. Wassertemperatur 8,2°[1]).

| Entnahmestelle | Entfernung v. Ufer | Keime im cm³ |
|---|---|---|
| I | 50 m | 5920 |
| II | 50 „ | 5840 |
| III | 200 „ | 320 |

### Untersuchung vom 8. Mai 1905.

Witterung am Tage vor der Untersuchung: bewölkt, keine Niederschläge.
„ „ „ der Untersuchung; bedeckt, Regen, windstill.

Mittlere Lufttemperatur: 9,0°. Wassertemperatur: 9,9°.

| Entnahmestellen | Entfernung vom Ufer | Keime im cm³ |
|---|---|---|
| I | 50 m | 190 |
| II | 50 „ | 2100 |
| III | 200 „ | 240 |
| V | 200 „ | 750 |
| VI | 340 „ | 97 |

### Untersuchung vom 15. Mai 1905.

Witterung am Tage vor der Untersuchung: bedeckt, Wind N (1—4).
„ „ „ der Untersuchung: bedeckt, Regen, Wind N (0—2).

Mittlere Lufttemperatur: 9,8°. Wassertemperatur: 8,1°

| Entnahmestellen | Entfernung vom Ufer | Keime im cm³ |
|---|---|---|
| I | 50 m | 50 |
| II | 50 „ | 1740 |
| III | 200 „ | 175 |
| V | 200 „ | 225 |
| VI | 340 „ | 129 |

[1]) Wenn weiter nichts bemerkt wird, ist damit immer die Temperatur an der Oberfläche gemeint.

Diese Resultate ergeben also eine rasche Abnahme des Keimgehaltes gegen den offenen See hinaus und eine Verunreinigung hauptsächlich nur in der Nähe des Ufers. Ferner zeigt die Unregelmässigkeit in den Keimzahlen der Oberfläche, dass man oft lokal stark verunreinigte Stellen trifft neben relativ reinen. Die stark erhöhten Keimzahlen der ersten Untersuchung vom 2. Mai an den Stellen I und II sind durch den heftigen Sturm und die damit in enger Verbindung stehende Aufwühlung des Grundes an den seichteren Stellen bedingt worden. Am ganzen Ufer entlang war eine bis 100 m breite Zone von trübem Wasser zu beobachten, die sich deutlich von dem äusseren, reineren Wasser unterschied. Ausserdem wurden durch den Wind Schwimmstoffe gegen das Ufer der Stadt getrieben.

Fast immer (siehe auch die spätern Untersuchungen) zeigt Punkt I gegenüber Punkt II einen geringeren Keimgehalt. Der Grund für diese Erscheinung ist jedenfalls in der verschiedenen Seetiefe zu suchen.

Es ist natürlich nicht erlaubt, aus den Oberflächenproben auf den Reinheitsgrad des Wassers in der Tiefe zu schliessen. Bei den folgenden Untersuchungen wurden daher fast immer auch Tiefenproben entnommen.

### Untersuchung vom 22. Mai 1905.

Witterung am Tage vor der Untersuchung: bedeckt, Regen, Wind SW (0—2) und NNW (0—1).
„ „ „ der Untersuchung: bedeckt, Regen, Wind (0-3) NW.
Mittlere Lufttemperatur: 7,9°. Wassertemperatur: 11,0°

| Entnahmestellen | | I | II | IV | VI | XV |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Entfernungen | | 50 | 50 | 200 | 340 | 200 |
| Tiefen | 0 m | 1905 | 2145 | 424 | 780 | 60 |
| | 10 m | 300 | 3710 | 275 | 230 | 175 |
| | 20 m | 62 | — | 72 | — | — |
| | 30 m | — | — | 52 | — | — |

Diese Untersuchung ergab analoge Resultate wie die vorhergehenden, d. h. eine Abnahme der Keimzahlen seewärts, die besonders in den Tiefenproben aus 10 m deutlich zu beobachten war. Die Oberflächenproben hingegen zeigen starke Unregelmässigkeiten.

Die folgende Untersuchung sollte eine Ergänzung zu der vorhergehenden sein. Ich entnahm die Wasserproben in der Nähe des Ufers. Um dem Einwande zu begegnen, dass die erhöhten Keimzahlen an den Stellen I und II nur der geringen Entfernung vom Lande zuzuschreiben seien, wurden auch die Punkte IX und XIII mit einbezogen, welche ebenfalls in der Nähe des Ufers, aber ausser Be-

reich der Verunreinigung durch die städtischen Abwässer liegen. Wegen der verschiedenen Ufergestaltung war es nicht möglich, bei allen Punkten genau dieselbe Entfernung vom Ufer beizubehalten.

Untersuchung vom 25. Mai 1905.

Witterung am Tage vor der Untersuchung: bedeckt, Regen, Wind N (1-0).
„ „ „ der Untersuchung: bedeckt, Wind (0—1).
Mittlere Lufttemperatur: 9,3°. Wassertemperatur: 9,4°.

| Entnahmestellen | | IX | X | XI | XII | XIII |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Entfernung vom Ufer | | 100 m | 50 m | 60 m | 100 m | 150 m |
| Keimzahlen | Oberfläche | 332 | 350 | 650 | 312 | 368 |
| | Tiefenprobe | — | 370 (15 m) | 400 (5 m) | 388 (6 m) | 690 (9 m) |

Aus dieser und der vorhergehenden Tabelle folgt wieder, dass hauptsächlich die Uferzone im Stadtbereich stärker verunreinigt ist und dass weder südlich noch nordwestlich davon von der Verunreinigung etwas gespürt wird.

Eine gleiche Untersuchung wurde am 27. Februar 1906 ausgeführt.
Witterung am Tage vor der Untersuchung: bedeckt, Wind S (0—2).
„ „ „ der Untersuchung: bewölkt, Wind SW (0—2.)
Mittlere Lufttemperatur: 4,7°. Wassertemperatur: 4,5°.

| Entnahmestellen | | IX | X | I | II | XII | XIII |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Entfernung v. Ufer | | 100 m | 50 m | 50 m | 50 m | 100 m | 150 m |
| Keim-zahlen | Oberfläche | 34 | 28 | 162 | 400 | 130 | 32 |
| | Tiefenprobe | — | 102 (15m) | 480 (10 m) | 5400 (10m) | 155 (6 m) | 86 (9 m). |

Wieder ergab sich das nämliche Resultat, nur ist der Keimgehalt im allgemeinen gesunken, vielleicht wegen der tiefen Luft- und Wassertemperatur und infolge von Strömungen, verursacht durch den in der vorangehenden Nacht ziemlich starken SW-Wind Bei Punkt IX bilden Mauern und bei Punkt XIII Schilfbestände die Uferbegrenzung und dennoch wurden an beiden Orten an der Oberfläche gleiche Keimgehalte gefunden.

Die folgende Untersuchung vom 1. Juni 1905 hatte besonderes Interesse, weil vorher mehrere Tage schönes, windstilles Wetter war. In der Nähe der Stadt hatte der See ein besonders schmutziges Aussehen. Die Oberfläche war mit einer dünnen, grauen Schicht von Schwimmstoffen bedeckt, welcher auch die Keimbefunde an den Stellen II und IV entsprechen.

Untersuchung vom 1. Juni 1905.

Witterung am Tage vor der Untersuchung: bewölkt, windstill.
„ „ „ der Untersuchung: bedeckt, Wind (0—1) N. Vor der Probeentnahme keine Niederschläge.
Mittlere Lufttemperatur: 15°. Wassertemperatur 16°.

| Entnahmestellen | | II | IV | VI | VII |
|---|---|---|---|---|---|
| Entfernung vom Ufer | | 50 m | 200 m | 340 m | 930 m |
| Tiefen | 0 m | 29,000 | 11,700 | 30 | 868 |
| | 5 „ | 465 | 62 | 360 | 80 |
| | 15 „ | — | 251 | 162 | — |
| | 30 „ | — | — | 44[1]) | 56 |

Der hohe Keimgehalt an der Oberfläche in 930 m ist entschieden nur einer lokalen Verunreinigung zuzuschreiben. Beim Hinausfahren zu dieser Stelle begegnete ich einer Menge Schwimmkörper aller Art. Nahe der Stelle VII wurde sogar ein faustgrosses Häufchen Hausmüll auf dem Wasser schwimmend gefunden. Es bestand zum grössten Teil aus locker aneinander haftenden Fasern, die offenbar etwas fettig gewesen sein mussten.

Am 11. Juni 1905 wurde eine ähnliche Untersuchung wie die vorhergehende gemacht. Die Temperaturverhältnisse waren ungefähr gleich, doch gingen diesmal stürmische Regentage voraus.

Wie aus der folgenden Tabelle hervorgeht, ist der Keimgehalt stark gesunken.

### Untersuchung vom 11. Juni 1905.

Witterung am Tage vor der Untersuchung: hell-bewölkt, Gewitterregen, Wind N (0—3).

„ „ „ der Untersuchung: Bewölkung veränderlich, Gewitterregen, Wind W (0—3).

Mittlere Lufttemperatur: 14,05°. Wassertemperatur; 16,4°.

| Entnahmestellen | | II | IV | VI | VII | VIII |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Entfernung vom Ufer | | 50 m | 200 m | 340 m | 930 m | 1950 m |
| Tiefen | 0 m | 2200 | 100 | 15 | 8 | 0 |
| | 5 „ | 2700 | 267 | — | — | — |
| | 15 „ | — | 178 | 73 | 90 | — |
| | 20 „ | — | — | — | — | 16 |
| | 30 „ | — | — | 25 | 2 | 12 |

Durch die Strassenschmutzwässer wurden eine Menge Bakterien dem See zugeführt, was eher eine Erhöhung des Keimgehaltes erwarten liess. Die Erklärung zu diesen Befunden ist jedenfalls nur in dem Wind und in den dadurch erzeugten Strömungen zu suchen, die eine reinigende Wirkung haben, wie später des weitern ausgeführt werden soll.

Die Oberflächenproben zeigen nicht mehr die Unregelmässigkeiten, wie in dem vorhergehenden Falle, sondern eine regelmässige Abnahme der Keimzahlen vom Ufer gegen den See hinaus. An

[1]) 25 m wegen ungenügender Seetiefe.

Stelle VIII wurde sogar ein ganzer $cm^3$ Wasser zur Untersuchung verwendet und dennoch war diese Probe keimfrei.

Die folgenden drei Untersuchungen, welche sich ausschliesslich auf die Uferzone erstreckten, stammen aus einer Regenperiode mit vorherrschenden Westwinden.

### Untersuchung vom 22. August 1905.

Witterung am Tage vor der Untersuchung: hell, Wind SW (0—2) NNO (2).

„ „ „ der Untersuchung: hell-bedeckt, Wind W (0—1).

Mittlere Lufttemperatur: 19,15°. Wassertemperatur: 23,6°.

| Entnahmestellen | Beim Landungssteg der Platzwehre | XI | II |
|---|---|---|---|
| Entfernung vom Ufer | 20 m | 60 m | 50 m |
| Tiefe 0 m | 2100 | 3750 | 6600 |

### Untersuchung vom 2. September 1905.

Witterung am Tage vor der Untersuchung: bewölkt, Wind var. (0—2).

„ „ „ der Untersuchung: bedeckt, Regen, Wind S (0—2).

Mittlere Lufttemperatur: 14,25°. Wassertemperatur: 19,2°.

| Entnahmestellen | | Beim Landungssteg der Platzwehre | II | III | XI |
|---|---|---|---|---|---|
| Entfernung vom Ufer | | 20 m | 50 m | 200 m | 60 m |
| Tiefen | 0 m | 400 | 600 | 200 | 2000 |
| | 5 „ | 600 | 1150 | 150 | 9000 |
| | 10 „ | — | — | 150 | — |

### Untersuchung vom 12. September 1905.

Witterung am Tage vor der Untersuchung: bewölkt, windstill.

„ „ „ der Untersuchung: bewölkt, Regen, Wind W (0-3).

Mittlere Lufttemperatur: 17,65°. Wassertemperatur: 20,6°.

| Entnahmestellen | Beim Landungssteg der Platzwehre | I | II | XI |
|---|---|---|---|---|
| Entfernung vom Ufer | 20 m | 50 m | 50 m | 60 m |
| Tiefe 0 m | 265 | 355 | 650 | 90 |

Gegen Ende des Herbstes 1905 wurde das Wetter beständiger, die Niederschläge waren geringer und auch die Westwinde traten etwas zurück.

### Untersuchung vom 22. Oktober 1905.

Witterung am Tage vor der Untersuchung: bewölkt, Wind W (0—1).

„ „ „ der Untersuchung: neblig, Wind NNO (0—1.)

Mittlere Lufttemperatur: 4,6°. Wassertemperatur: 11°

| Entnahmestellen | Landungssteg der Platzwehre | XI | III | VI |
|---|---|---|---|---|
| Entfernung v. Ufer | 20 m | 60 m | 200 m | 340 m |
| Keimzahlen an der Oberfläche | 156 | 404 | 296 | 38 |

### Untersuchung vom 28. Oktober 1905.

Witterung am Tage vor der Untersuchung: leicht bewölkt, Sonnenschein, Wind NW (0—1).
„ „ „ der Untersuchung: windstill, sonnig.
Mittlere Lufttemperatur: 6,4°. Wassertemperatur: 10°

| Entnahmestellen | | II | IV | zwischen VI u. VII | VII |
|---|---|---|---|---|---|
| Entfernung vom Ufer | | 50 m | 200 m | 580 m | 930 m |
| Tiefen | 0 m | 100? | 30 | 20 | 32 |
| | 15 „ | — | 284 | 76 | 42 |
| | 30 „ | — | — | 62 | 22 |

### Untersuchung vom 14. November 1905.

Witterung am Tage vor der Untersuchung: bedeckt, Regen, Wind SW (1—3).
„ „ „ der Untersuchung: bedeckt, Wind N (0—1).
Mittlere Lufttemperatur: 4,05°. Wassertemperatur: 7,9°. Transparenz an Stelle VI: 7,60 m.

| Entnahmestellen | | I | II | VI | VII | XI | XII |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Entfernung vom Ufer | | 50 m | 50 m | 340 m | 930 m | 60 m | 50 m |
| Tiefen | 0 m | 210 | 320 | — | 100 | 300 | 226 |
| | 5 „ | 560 | 645 | — | — | 420 | 294 |
| | 10 „ | — | — | 244 | — | — | — |
| | 20 „ | — | — | 132 | — | — | |
| | 30 „ | — | — | — | 30 | — | — |

### Untersuchung vom 25. November 1905.

Witterung am Tage vor der Untersuchung: bewölkt, Wind SW (6) W (0-1).
„ „ „ der Untersuchung: bewölkt, Wind NW (0—1).
Mittlere Lufttemperatur: 3,15°. Wassertemperatur: 7°

| Entnahmestellen | | I | II | VI | VII | XV | III |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Entfernung vom Ufer | | 50 m | 50 m | 340 m | 930 m | 200 m | 100 m |
| Tiefen | 0 m | 67 | — | — | 100 | 205 | 100 |
| | 5 „ | — | — | 74 | — | — | 201 |
| | 10 „ | 188 | 297 | — | — | 56 | — |
| | 15 „ | — | — | 98 | — | — | — |
| | 20 „ | — | — | — | 98 | — | — |
| | 25 „ | — | — | 78 | — | — | — |

Mit zunehmender Abkühlung des Sees sank also in der Nähe des Ufers der Bakteriengehalt, während dies im See draussen nicht zu beobachten war. Dies geht deutlich aus den letzten Untersuchungsreihen hervor.

Die folgende Untersuchung wurde zu einer Zeit ausgeführt, als der See mehrere Tage von einer Nebeldecke umlagert war.

## Untersuchung vom 29. Januar 1906.

Witterung am Tage vor der Untersuchung: bewölkt, Wind SSW-SW (0—1), neblig.

„ „ „ der Untersuchung: bewölkt, Wind N (1-2), Nebel.

Mittlere Lufttemperatur: 6,4°. Wassertemperatur: 7,6°

| Entnahmestellen | | I | II | IV | VI | VII | XI |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Entfernung vom Ufer | | 50 m | 50 m | 200 m | 340 m | 800 m[1]) | 60 m |
| Tiefen | 0 m | 132 | 195 | 194 | 142 | 72 | 209 |
| | 10 „ | — | 310 | 162 | 114 | 56 | 267 |
| | 20 „ | — | — | — | 120 | 30 | — |
| | 30 „ | — | — | — | — | 22 | — |

Es resultieren also auch zu dieser Jahreszeit am Ufer erhöhte Keimgehalte, der Unterschied ist aber im Vergleich zum Sommer gering.

Am 23. Februar nahm ich Temperaturmessungen mittelst eines Tiefseethermometers von Negretti Zambra vor. Dieselben ergaben folgende Resultate:

| Entfernung vom Ufer: 1500 m | Tiefen | Temperatur |
|---|---|---|
| | 0 m | 3,4° |
| | 5 „ | 3,9° |
| | 10 „ | 3,9° |
| | 20 „ | 3,9° |
| | 40 „ | 4,0° |
| Bei der Dole J: | 0 „ | 4,0° |
| | 4 „ | 3,9° |

Der See war also bereits ins Stadium der Winterstagnation getreten.

Die nächste Untersuchung hatte den Zweck, die Strecke von der Stadt weg gegen die Tiefenrinne des Sees zu untersuchen.

Von den sechs vorangehenden Tagen waren die ersten vier sehr stürmisch, mit Regen und Schnee, die beiden letzten aber schön.

## Untersuchung vom 5. März 1906.

Witterung am Tage vor der Untersuchung: hell, Wind SW (0—1), Sonnenschein.

„ „ „ der Untersuchung: hell, Wind SW (0—1), Sonnenschein.

Mittlere Lufttemperatur: 4,4°. Wassertemperatur: 4,1°

---

[1]) Punkt VII konnte wegen des Nebels nur approximativ nach eben noch sichtbaren Gegenständen am Ufer bestimmt werden.

| Entnahmestelle | | II | Bei der Platzwehre | VI | VII | Temperatur |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Entfernung vom Ufer | | 50 m | 50 m | 340 m | 930 m | des Sees |
| Tiefen | 0 m | 40 | 20 | 74 | 38 | 4,0° |
| | 10 „ | — | — | — | 48 | 4,0° |
| | 15 „ | — | 70 | 5300[1]) | — | — |
| | 20 „ | — | — | — | 38 | 4,0° |
| | 40 „ | — | — | — | 84 | 3,9° |

Man beobachtet sehr geringe Keimzahlen, auch im Stadtbereich, was jedenfalls den heftigen vorangegangenen Weststürmen zuzuschreiben ist. Die am Ufer durch die Wellen aufgewühlten Stoffe waren wieder vollständig sedimentiert in den vorangehenden zwei windstillen Tagen.

Die folgende Untersuchung erfolgte unmittelbar nach einem Sturme, bevor die Sedimentation sich vollziehen konnte.

### Untersuchung vom 2. April 1906.

Witterung am Tage vor der Untersuchung: bewölkt, Wind S (3—6).
„ „ „ der Untersuchung: bewölkt, Wind S (4—7—2).
Mittlere Lufttemperatur: 11°. Wassertemperatur: 4,3°.

| Entnahmestellen | | Bei der Platzwehre | Ausser Dole M | XII | zwischen XII u. XIV | VI | VII | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Entfernung v. Ufer | | 30 m | 50 m | 100 m | 170 m | 340 m | 930 m | Temperatur |
| Tiefen | 0 m | 240 | 220 | 326 | 180 | 226 | 170 | 4,3° |
| | 10 „ | — | — | — | — | 212 | 162 | 4,2° |
| | 20 „ | — | — | — | — | — | 180 | 4,2° |
| | 40 „ | — | — | — | — | — | 172 | 4,2° |

Infolge eines Missgeschickes konnten leider nicht mehr Tiefenproben entnommen werden.

Die Mischung war also vollständig in vertikaler wie in horizontaler Richtung. Dieser mächtige Ausgleich bis in 930 m Entfernung ist jedenfalls nur den durch den starken Wind bedingten horizontalen Strömungen und weniger den Wellen zuzuschreiben. Man sieht daraus, dass Stürme die Keimzahlen in der Nähe der Stadt stark herabdrücken, weiter seewärts aber erhöhen können.

Die letzte ähnliche Untersuchung erfolgte in einer Periode von mehreren schönen Tagen mit N-Wind und ohne Niederschläge.

### Untersuchung vom 8. Juni 1906.

Witterung am Tage vor der Untersuchung: Sonnenschein, N-Wind.
„ „ „ der Untersuchung: „ „

[1]) Apparat auf den Grund gestossen.

| Entnahmestellen | | I | II | IV | VI | VII | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Entfernung vom Ufer | | 50 m | 50 m | 200 m | 340 m | 930 m | Temperatur |
| Tiefen | 0 m | 446 | 5000 | 165 | 108 | 10 | 15,8° |
| | 5 „ | — | 2390[1]) | — | — | — | 12,9° |
| | 10 „ | — | — | 320 | 82 | 181 | 11,8° |
| | 20 „ | — | — | 90 | 64 | 50 | 7,4° |
| | 40 „ | — | — | — | — | 36 | 4,8° |

Es ergibt sich hieraus, dass trotz der erhöhten Wassertemperatur die Keimzahlen an Stelle VII und VI gering sind, in der Nähe der Stadt aber wieder in die Höhe gehen. Die Oberflächenproben zeigen eine Abnahme gegen den See hinaus. Auch der N-Wind wirkt günstig auf die Reinigung des Sees.

Mit der nächstfolgenden Reihe von Untersuchungen wollte ich mir Klarheit darüber verschaffen, ob die Abwässer der einzelnen Dolen beim Einlauf in den See sich mehr an der Oberfläche ausbreiten oder aber in die Tiefe sinken.

Die Probeentnahme erfolgte ganz nahe beim Ufer und nur bei ganz ruhigem Wetter, bei welchem die Sedimentation ganz ungehindert sich vollziehen konnte.

Untersuchung vom 11. Dezember 1905.

| | | Dole K | | Dole B | |
|---|---|---|---|---|---|
| Entfernung von der Dole | | 2 m | 30 m | 2 m | 30 m |
| Tiefen | 0 m | 1100 | 780 | 410 | 980 |
| | 3 „ | 3800 | — | — | — |
| | 4 „ | — | — | 480 | — |
| | 10 „ | — | 1850 | — | 172 |

Bei beiden Dolen war während der Probeentnahme die Menge, wie auch die Geschwindigkeit des einfliessenden Wassers ganz gering. Die Böschung des Seegrundes ist an beiden Orten ordentlich steil. Nach obigen Befunden musste die Ausbreitung der Abwässer mehr in der Tiefe erfolgen, denn mit Ausnahme einer Stelle fanden sich am Grunde erhöhte Keimzahlen. Man hätte vielleicht erwarten können, dass im Winter die Abwässer infolge ihrer im Verhältnis zum Seewasser höheren Temperatur an die Oberfläche steigen, und gerade bei dieser Untersuchung waren die Temperaturverhältnisse so, dass diese Erwägung hätte zutreffen können. Die im Verlaufe einer halben Stunde durchgeführten Temperaturmessungen des Kanalwassers hart an der Mündung der Dole K ergaben nacheinander folgende Werte: 10,4°, 11,4°, 12,2°, 12,4°, 13,9°. Die Temperatur des Seewassers betrug 6,3°. Es sei noch bemerkt. dass die Geschwindigkeit

[1]) 2 m Tiefe.

des einfliessenden Kanalwassers äusserst gering war. Eine Messung in geringer Entfernung von der Dole ergab bereits wieder die erwähnte niedrige Seewassertemperatur.

### Untersuchung vom 7. Februar 1906.

Es wurde jener abgeschlossene Seeteil bei der Platzwehre, wo die Kanäle G und H münden und der auch etwa als „Hafen" bezeichnet wird, untersucht. Die Probeentnahme erfolgte 3—4 Uhr nachmittags, zu einer Zeit, als zufällig keine Schiffe dort angefahren waren. An den Stellen, die auf der Skizze unten an der Karte angegeben sind, wurde an der Oberfläche und 70 cm über dem Grunde je eine Probe entnommen. Die Dole H führte nur ganz wenig Wasser.

Temperatur des Wassers an der Oberfläche 4,1°. Ruhiges, nebliges Wetter.

| Entnahmestellen | a | b | c | d | e | f |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Oberfläche | 25,000 | 1920 | 17,400 | 360 | 460 | 160 |
| Tiefe | —[1]) | 4300 | —[1]) | 2430 | —[1]) | 1110 |

Diese Untersuchung zeigt eine rasche Abnahme der Keimzahlen auf eine kurze Distanz von der Dole G. Der innere Teil des Hafens ist stark verunreinigt, wie es auch die Vegetation und der Schlick am Grunde andeuten. Die Wasserprobe an Stelle a war stark (Dole G führte noch ziemlich viel Wasser), diejenige von c noch schwach getrübt, die von d klar. Bei diesen in einer geraden Linie liegenden Punkten sieht man die starke Abnahme der Keimzahlen deutlich. Es scheint, dass sich der Schmutzwasserstrom eher längs der Platzwehre hinzieht und nicht eine Mischung nach allen Seiten hin eintritt. Die durchwegs erhöhten Keimzahlen am Grunde beweisen, dass sich die Abwässer in der Tiefe ausbreiten, was man, wie früher bemerkt, oft direkt beobachten kann, wenn Blut und andere leicht sichtbare Abfallstoffe in den See gelangen. Es sei noch bemerkt, dass bei der Probeentnahme eine Aufwühlung des Grundes ängstlich vermieden wurde.

In gleicher Weise wie im vorhergehenden Falle wurde am 17. Februar 1906 die Mündung der Dole K untersucht. Sie schaute zur Hälfte aus dem Wasser heraus und das Abwasser floss auf Seespiegelhöhe ein. Die Probeentnahme erfolgte 1½—2½ Uhr nachmittags. Wassertemperatur 3,8°.

| Entnahmestellen | g | h | i | k | l |
|---|---|---|---|---|---|
| Oberfläche | 400,000 | 172 | 150 | 180 | 185 |
| 5 m Tiefe | — | 300 | 320 | 410 | 188 |

[1]) Wegen geringer Tiefe nur eine Probe in mittlerer Wasserhöhe gefasst.

Die Verteilung des Abwassers war also nach allen Seiten hin ungefähr gleich. In der Tiefe hatte man durchwegs höhere Keimzahlen. Die Sedimentation erfolgt direkt vor der Mündung des Kanals, da die Geschwindigkeit des einfliessenden Wassers ganz klein ist.

Am 8. Mai 1906 wurde die Mündung der Dole N untersucht. Das eisenhaltige Abwasser verursachte eine starke Trübung. Die Proben wurden an der Oberfläche und zirka 70 cm über dem Grunde entnommen. Wassertemperatur 11,4°.

| | Keimzahlen | |
|---|---|---|
| | Oberfläche | Tiefe |
| Direkt bei der Mündung | 320,000 | — |
| 3 m südlich „ „ | 81,700 | 2000 |
| 30 m „ „ „ | 9,930 | 4750 |
| 50 m „ „ „ | 95 | 1380 |
| 30 m südwestlich der Mündung | 6,850 | 2675 |
| 30 m südöstlich „ „ | 130 | 1990 |

Das Abwasser floss auf Seespiegelhöhe ein und hat bei dieser Dole eine grössere Geschwindigkeit, infolgedessen bleibt es am Anfang noch mehr an der Oberfläche, wie die Proben in 3 m Entfernung zeigen. Wieder hat man das Bild einer raschen Sedimentation. Eigenartig war, dass das Seewasser nur westwärts von der Verlängerungslinie der Dole in den See hinaus eine rotbraune Trübung zeigte. Diese Erscheinung drückt sich auch darin aus, dass an der Oberfläche westwärts von dieser Linie in 30 m Entfernung der Keimgehalt höher war, als ostwärts in gleicher Distanz.

Die Probe beim Ausfluss zeigte ein gefärbtes Sediment von basischem Eisenkarbonat. Die Reaktion des filtrierten Wassers war gegen Phenolphtalein und empfindliches Lakmuspapier ganz schwach alkalisch, im Filtrat konnte kein Eisen nachgewiesen werden.

Aus diesen letzten Untersuchungen geht hervor, dass sich solche Abwässer weniger an der Oberfläche ausbreiten als am Grunde. Die gleiche Beobachtung hat auch Renk[1]) gemacht.

## Untersuchung auf Bacterium coli commune.

Bei diesen Untersuchungen beschränkte ich mich meist auf die Uferzone.

Wie aus dem vorhergehenden ersichtlich ist, werden die Abwässer sehr stark verdünnt. Man ist deshalb genötigt, Anreicherungsverfahren anzuwenden, wenn man in gewissen Entfernungen auf ein positives Resultat rechnen will.

[1]) l. c.

Bei der ersten Untersuchung vom 12. Juni 1905 kam die sehr einfache Methode von Freudenreich[1]) zur Verwendung. Die Proben wurden an sieben Punkten, von denen der äusserste 500 m vom Ufer entfernt war, entnommen und je 0,5 cm³ zur Aussaat verwendet. Nach 24stündigem Stehen im Brutschrank zeigten alle geimpften Röhrchen Gärung. Von dem getrübten Inhalte wurden Platten gegossen und die erhaltenen Kolonien auf Indolbildung geprüft, um sich auch in dieser Weise von der Colinatur zu überzeugen. Die Platten bestätigten das bereits durch die Gärung erhaltene Resultat.

Am 8. Juni 1905 entnahm ich Wasserproben bei den Ausläufen der Dolen G, J und K. Ich musste mich hier aus verschiedenen Gründen mit der Bestimmung des Termophilentiters nach Petruschky[2]) begnügen. Beim Auslauf der Dole G war das Wasser milchig bis flockig getrübt.

| | Thermophilentiter | Verunreinigungsgrad nach Petruschky |
|---|---|---|
| Dole G | 0,00001 | V |
| „ J | 0,0001 | IV |
| „ K | 0,01 | II |

Es geht aus obigem hervor, dass die Uferzone nicht gleichmässig verunreinigt ist.

Bei den folgenden Untersuchungen wurde hauptsächlich der Thermophilen- und Colititer neben der von J. Kaiser[3]) angegebenen Methode mit Heuinfus angewendet.

Nach dieser letztern wurden Wasserproben untersucht, die ich am 5. Februar 1906 am Ufer entlang in Entfernungen von 50—80 m entnommen hatte. Zur Untersuchung verwendete ich bei den näheren Punkten 50 cm³, bei den entfernteren 100 cm³ bezw. 200 cm³ Wasser. Zu jeder Probe wurde soviel 12 %iger Heuinfus zugesetzt, dass die Mischung 3 % enthielt. Die Fläschchen wurden dann in den Brutschrank von 37° gestellt und nach 46 resp. 70 Stunden von dem inzwischen trüb gewordenen Inhalt je eine Öse herausgenommen und zu Gelatineplatten verarbeitet. Die coliverdächtigen Kolonien wurden in Traubenzuckerbouillon abgeimpft und diese Röhrchen wieder bebrütet. Eine Gärung blieb bei allen Proben aus, so dass man auf die Abwesenheit von Bacterium coli schliessen musste.

Das negative Resultat lässt sich durch andere Faktoren wie z. B. die Witterungseinflüsse nicht erklären und bin ich eher gezwungen anzunehmen, dass mir die Methode versagt hat.

[1]) l. c.
[2]) l. c.
[3]) l. c.

Um bei diesem Verfahren die einzelnen Colikolonien leichter zu finden, goss ich in der Zukunft von den getrübten Röhrchen nicht gewöhnliche Gelatineplatten, sondern machte Ausstriche auf Drigalsky-Conradi Agar, auf welchem sich Coli sehr leicht durch die rote Färbung zu erkennen gibt.

Am 19. Februar untersuchte ich das Wasser im „Hafen" auf die Anwesenheit von Coli, als Ergänzung zur Untersuchung vom 17. Februar, bei welcher nur die Keimgehalte bestimmt wurden. Die Witterung war äusserst günstig, ruhig und klar. Die Proben wurden in $1^1/_2$ m Tiefe gefasst und zugleich nach Freudenreich, mit dem Heuinfusverfahren nach Kaiser und durch direkte Aussaat auf Drigalsky-Conradi-Platten untersucht.

Methode Freudenreich: Von den Proben a bis f wurden je 2 $cm^3$ Wasser in Traubenzuckerbouillon gebracht und die Röhrchen bebrütet. Nach 20 Stunden zeigten alle Gärung und Trübung. Um den Nachweis zu erbringen, dass die Trübung wirklich von Coli herrühre, wurden von den Röhrchen Drigalsky-Conradi-Platten angelegt, wobei auf allen üppige rote Kolonien sich entwickelten, so dass man mit ziemlicher Sicherheit auf dessen Anwesenheit schliessen durfte.

Direkte Aussaat auf Drigalsky-Conradi-Platten: Von jeder Wasserprobe wurden 2 $cm^3$ auf je zwei dieser Agarplatten direkt verteilt. Die Schalen wurden nach Vorschrift der Autoren in den Brutschrank gestellt und bebrütet. Nach 14 Stunden waren üppige rote Kolonien aufgetreten. Die Zählung ergab folgende Resultate:

| Stelle der Probeentnahme | Zahl der Kolonien |
|---|---|
| a | 23 |
| b | 10 |
| c | 26 |
| d | 16 |
| e | 1 |
| f | 3 |

Zur Kontrolle wurde etwas Material von den Platten a, e und f abgeimpft und zu gewöhnlichen Gelatineplatten verarbeitet und zugleich auf Indolbildung geprüft. Die Platten zeigten Coliwachstum; Indolbildung war aber nur bei der Probe f zu beobachten.

Heuinfusverfahren nach Kaiser: Es wurden ebenfalls je 2 $cm^3$ zur Untersuchung verwendet. Die geimpften Röhrchen wurden bebrütet und hernach Drigalsky-Conradi-Platten angelegt. Nur von den Proben der Stellen a und d erhielt ich rotgefärbte Kolonien.

In diesen vergleichenden Untersuchungen lieferte die direkte

Aussaat nach Drigalsky-Conradi ein besonders gutes Resultat. Es ist insofern von Interesse, als es mit den Keimzahlenbefunden der Untersuchung vom 7. Februar eine gewisse Übereinstimmung zeigt und die Wirkung der Sedimentation und Verdünnung zur Anschauung bringt.

Am 6. Februar 1906 wurde wieder nach Kaiser auf Coli untersucht und folgende Mengen Wasser verwendet.

| Entnahmestellen | Entfernung vom Ufer | Menge des untersuchten Wassers | Resultat |
|---|---|---|---|
| Im Hafen | 25 m | 50 $cm^3$ | + |
| II | 50 „ | 100 „ | — |
| VI | 340 „ | 100 „ | — |

Es konnte also nach Kaiser nur in der Nähe des Ufers Coli nachgewiesen werden.

Am 30. März 1906 wurde in 10, 20, 30 und 50 m Entfernung von der Dole N das Wasser an der Oberfläche nach Methoden von Freudenreich und Kaiser untersucht. Das Resultat war an allen Stellen positiv, was zeigt, dass auf dieser kurzen Strecke noch keine vollständige Sedimentation der Colibakterien eingetreten war.

Am 8. April 1906 wurde das Seewasser an vier Stellen nach Kaiser untersucht. Das Resultat war an allen Punkten positiv, obschon der äusserste 170 m vom Ufer entfernt war.

Untersuchung vom 9. Mai 1906. (Nährboden Heuinfus.)

| Entnahmestellen | Entfernung v. Ufer | Menge des zur Untersuchung verwendeten Wassers | Resultat |
|---|---|---|---|
| Von der Dole K | 40 m | 50 $cm^3$ | + |
| Punkt I | 50 „ | 50 „ | — |
| „ IV | 200 „ | 100 „ | + |
| „ VI | 340 „ | 150 „ | + |

In einigen letzten Untersuchungen wurde der Termophilen- und Colititer bestimmt, letzterer mit Benützung von Drigalsky-Conradi-Platten.

Untersuchung vom 18. Juni 1906.

| Entnahmestellen | Entfernung vom Ufer | Thermophilentiter | Colititer |
|---|---|---|---|
| II | 50 m | 0,01 | 0,01[1]) |
| IV | 200 „ | 0,01 | 0,01 |
| VI | 340 „ | 0,01 | 0,01 |

In der vorangehenden Nacht war starker Sturm (S 0—5) und das Wasser bis 300 m hinaus trüb infolge starker Aufwühlung des Grundes.

[1]) Stichprobe, weiter geprüft auf Milch-Koagulation und Gärung. Resultat +

Untersuchung vom 27. Mai 1906.

| Entnahmestellen | Entfernung vom Ufer | Thermophilentiter | Colititer |
|---|---|---|---|
| II | 50 m | 0,001 | 0,001 |
| IV | 200 „ | 0,001 | 0,001 |
| VI | 340 „ | 0,01 | 1,00 |

Voran gingen 2—3 sonnige, windstille Tage (W 0—1).

Untersuchung vom 2. Juli 1906.

An den vorangehenden Tagen beständig schwacher bis mässig starker Wind (teils S, teils SW und schliesslich N).

| Entnahmestellen | Entfernung vom Ufer | Thermophilentiter | Colititer |
|---|---|---|---|
| I | 50 m | 1,0 | grösser 1 |
| II | 50 „ | 1 | „ |
| IV | 200 „ | 1 | „ |
| VI | 340 „ | grösser 1 | „ |

Hier ist der Colititer grösser als 1; ich glaubte von der Verwendung grösserer Mengen absehen zu können, da ich in den vorangehenden Untersuchungen diesen Mikroben in 1 $cm^3$ fand.

Besonders interessant sind die drei letzten Untersuchungen, welche die günstige Wirkung des Windes bezw. der Strömungen zeigen. Trotzdem man bei der ersten Untersuchung infolge Aufwühlung des Grundes auf eine starke Verunreinigung hätte schliessen müssen, so war der Thermophilen- und Colititer doch grösser als bei der zweiten Untersuchung, welcher schöne und windstille Tage vorangingen. Die früher konstatierte günstige Wirkung des Windes auf die Keimzahlen äusserte sich also in gleicher Weise auf die qualitative bakteriologische Verunreinigung.

Untersuchung vom 19. Juli 1906.

Proben hart am Ufer entnommen. 2—3 Tage vorher ziemlich windstilles Wetter, am Morgen des 19. Juli setzte ein kräftiger SW-Wind (0—3) ein. Regen war ganz wenig gefallen, so dass die Uferzone nicht durch Strassenschmutzwässer verunreinigt wurde.

| Entnahmestellen | Thermophilentiter | Colititer |
|---|---|---|
| Bei der alten Badanstalt | 0,1 | 1 |
| Zwischen Dole C und D | 0,01 | 0,1 |
| Beim Landungssteg der Platzwehre | 0,1 | 0,1 |
| Zwischen Dole J und K | 0,1 | 0,1 |
| Beim Landungssteg an der Rigibucht | 0,1 | 0,1 |
| Bei der neuen Badanstalt | 0,1 | 1 |

Nach diesen Ergebnissen muss ich jedenfalls die Methoden von Petruschky und Drigalsky, resp. eine Kombination beider, derjenigen von Kaiser den Vorzug geben.

Weitgehende Schlüsse möchte ich aus dieser verhältnismässig geringen Zahl von Untersuchungen auf Bacterium coli commune nicht ziehen. Diejenige vom 27. Mai, welche bei ruhigem Wetter ausgeführt wurde, zeigte eine bedeutende Abnahme des Coligehaltes vom Ufer gegen den See hinaus, während am 18. Juni, nach vorangegangenem starkem Wind, eine solche nicht zu konstatieren war. Leider war es mir nicht möglich, weitere derartige Untersuchungen vorzunehmen.

## Schlammprüfung.

Im Frühling und Sommer 1906 wurden etwa 50 Schlammproben von verschiedenen Stellen und in verschiedenen Entfernungen vom Ufer mikroskopisch untersucht. Das Hauptaugenmerk richtete ich auf Abfälle des menschlichen Haushaltes und auf die Algen und Pilze, die im Schlamm sehr zahlreich zu treffen sind. Aus dem Vorherrschen dieser oder jener Art kann man eventuell wertvolle Aufschlüsse erhalten über die Qualität des Schlammes und des Wassers. Besonders war mir daran gelegen, zu bestimmen, wie weit in den See hinaus man diese Abfälle verfolgen kann und in welcher Weise die Ablagerung erfolgt.

Für die Probeentnahmen bediente ich mich eines hohen, zylindrischen Gefässes aus Blech, das gegen das offene Ende hin mit einem Eisenring beschwert war. Dieses wurde an einer Schnur auf den Grund hinuntergelassen und dann durch langsames Fahren mit dem Schiffe möglichst parallel zum Ufer eine kurze Strecke weit geschleppt. Der Schlamm sammelte sich am Boden des Gefässes an; bei vorsichtigem Emporziehen konnte auch das feinste Material heraufgenommen werden. Wenn der Apparat auch nicht vollkommen war, so genügte er für diesen Zweck.

Ich fand nicht, wie ich angenommen hatte, alle möglichen Abfallstoffe aus dem Haushalte, sondern nur schwer zersetzbare Stoffe. Am häufigsten waren Textilfasern, Papierreste und Kohlenpartikel zu beobachten. Allerdings selten fand ich Ultramarin, das sich durch seine auffällige Farbe sofort zu erkennen gab; es stammte jedenfalls aus Waschwässern. Nur in einer Probe, welche ganz nahe der Mündung der Dole H gefasst wurde, beobachtete ich gestreifte Muskelfasern.

Nie dagegen gelang es mir, Stärkekörner, Zellen aus Kaffeekernen etc. aufzufinden.

Wenn ich bei den Einläufen der Dolen oder ganz nahe dabei mehr Schlammuntersuchungen gemacht hätte, so wäre es mir vielleicht geglückt, dies oder jenes mehr zu finden. Es entsprach das aber nicht meinem Zwecke.

Nicht selten konnten in grösserer Entfernung vom Ufer noch gefärbte Fasern gesehen werden.

In der Nähe der Kanalmündungen war es verhältnismässig leicht, die einzelnen Gewebefasern von einander zu unterscheiden, mit zunehmender Entfernung wurde es immer schwieriger; die Fasern verloren ihre bestimmte Form, die Ränder waren zerfetzt und schliesslich wurde es unmöglich, sie mit Sicherheit von verfaulenden Gefässteilen höherer Pflanzen zu unterscheiden.

Sehr schön konnte man beim Papier die stufenweise Zersetzung beobachten. Ganz nahe bei den Dolen sah man die unzerstörten, unter dem Mikroskop schwarz erscheinenden Papierfetzen. In einiger Entfernung waren bereits die einzelnen Fasern des Papieres zu erkennen, die aber noch gitterartig aneinander hafteten. In diesem Stadium des Zerfalls konnten bisweilen Tüpfelgefässe (Cellulosepapier) mit auffallender Deutlichkeit beobachtet werden. In grösserer Entfernung fand man keine zusammenhängenden Fasern mehr, das Papier war ganz aufgelöst, die Fasern zerstört. Die schwer zersetzbaren Gewebefasern bildeten hier die einzigen noch mit Sicherheit bestimmbaren Abfallstoffe.

Am ganzen Ufer entlang konnte man mehr oder weniger reichlich die angeführten Fasern, Kohlenpartikel etc. finden. Bei den Ausmündungen der Dolen waren sie haufenweise zu beobachten, während sie an andern Stellen spärlicher wurden, wie z. B. in der Mitte der Rigibucht und auf einer Strecke ausserhalb der Dole J.

Bei den Kanalmündungen besteht der Schlamm vorwiegend aus organischen Bestandteilen, er hat eine ganz schwarze Farbe und bildet dort den eigentlichen Schlick, in dem sich intensive Zersetzungsvorgänge abspielen.

In grösserer Entfernung wird er hellbraun; neben den organischen Partikeln trifft man schon ziemlich viel Sand und in noch grösserer Entfernung ist er hellgrau und besteht nur aus mineralischen Stoffen.

Erwähnung verdient auch, dass ich gelegentlich Emailsplitter fand (Vergleich mit Kontrollpräparat).

Als Grenze, bis zu welcher man noch Fasern findet, darf man eine zum Ufer ziemlich parallele Linie annehmen, die von diesem eine Entfernung von 90—100 m hat. Im Gebiet der Altstadt scheint die Distanz eher etwas geringer zu sein. Mit zunehmender Entfernung vom Ufer werden die Abfallstoffe selbstverständlich spärlicher und über 100 m hinaus konnte ich nie mit völliger Sicherheit Fasern beobachten; unbestimmbare organische Reste waren gelegentlich noch zu finden.

Wie bereits früher gesagt wurde, birgt der Schlamm eine sehr reiche Vegetation. Auf die Zersetzungserscheinungen in demselben, welche durch die grosse Menge Bakterien bedingt werden, habe ich schon an anderer Stelle hingewiesen. Solche waren besonders deutlich zu beobachten, wenn man die Schlammproben nur kurze Zeit in den Fläschchen bei Zimmertemperatur stehen liess, wobei reichliche Mengen übelriechender Gase gebildet wurden. Bei der Durchmusterung der Schlammpräparate konnte man recht häufig Spirillen sehen.

Über das Vorkommen der Abwasserpilze habe ich schon an anderer Stelle berichtet. Im März konnte ich Sphaerotilus natans nur noch an vier Stellen nahe beim Ufer finden. Die grösste Tiefe, in der ich diesen Pilz gefunden habe, beträgt 8,55 m (in der Nähe der Platzwehre war er bis in 6,5 m zu verfolgen). Die Diatomeen waren besonders in der Nähe des Ufers äusserst zahlreich. Vorherrschend war die Gattung Navicula. Daneben fanden sich auffallend häufig die Bänder einer Fragilaria, die ich nach Mez als Fragilaria virescens bestimmte. Sie kam sowohl im reinen Seeschlamm als auch an den schmutzigsten Stellen vor.

Der an organischen Substanzen reiche Schlamm bietet ihnen einen günstigen Nährboden. Sie kommen daher in der Nähe der Kanalmündungen massenhaft vor und werden mit zunehmender Entfernung spärlicher, wobei das schwierige Eindringen des Lichtes in tiefere Wasserschichten in Betracht kommt.

Neben den Diatomeen waren auch die Oscillatorien reichlich vertreten, vorherrschend Oscillatoria Froelichii; in der Nähe des Ufers entwickelte sie sich besonders gut, war aber in vereinzelten Exemplaren noch an Stellen zu finden, wo man bereits ziemlich reinen Seeschlamm hatte. Es ist nicht ausgeschlossen, dass sie infolge von Strömungen passiv an diese Stellen gelangte. Die Grenze, bis zu welcher ich diese Pflänzchen traf, fällt ziemlich genau zusammen mit derjenigen, welche ich für die Fasern angegeben habe, also zirka 90—100 m vom Ufer.

Die grösste Tiefe, in der ich diesen Abwasserorganismus nachweisen konnte, betrug ausserhalb der Neustadt 18 m und ausserhalb der Altstadt sogar 20 m.

Ebenfalls in grosser Tiefe und in grösserer Entfernung vom Ufer wurde Vaucheria gefunden. Sie kommt nicht so massenhaft vor, wie die eben genannten Oscillatorien. Ich habe sie nur an vier Stellen gefunden, von denen drei auf das Seegebiet ausserhalb der Altstadt entfallen und eine auf dasjenige der Neustadt. In einer Probe dieser Stelle konnte ich Vaucheria sessilis nachweisen, während bei den andern Proben die Speziesbestimmung nicht möglich war, weil

Oogonien fehlten. Auffallend erscheint mir, dass ich diese Alge in Tiefen von 19 (Neustadt) und 20 m (Altstadt), wo der Seeschlamm schon ziemlich rein war, fand.

Bis in noch grössere Tiefen wurden die Beggiatoen getroffen und zwar fast in jeder Schlammprobe, besonders häufig an den Mündungen der Kanäle. Selbst in einer Tiefe von 29 m und in 200 m Entfernung vom Ufer kamen sie vor, neben vereinzelten unbestimmbaren organischen Resten (an gleicher Stelle wurde auch noch ein vereinzeltes Band der Fragilaria virescens gefunden). In den meisten Fällen handelte es sich um Beggiatoa alba. Sie kommt aber nicht etwa nur in der Nähe der Stadt vor, sondern überall, wo organische Reste sich zersetzen; denn sie war auch weit ausserhalb der Stadt in der Nähe eines Schilfbestandes zu finden.

Es war mir leider nicht möglich, das Vorkommen von Protozoen in ausgedehntem Masse zu untersuchen, obschon sie gerade an den schmutzigsten Stellen recht häufig waren. Es sei nur bemerkt, dass die Paramaecien reichlich vertreten waren und dass ich an drei Stellen Stentor coeruleus fand (an einer Stelle 60 m vom Ufer wurde Amoeba verrucosa gefunden).

Aus obigem ergibt sich, dass der grösste Teil des festen Dolenінhaltes in der Uferzone liegen bleibt, wo er in der Nähe der Dolenmündungen eine dicke organische Schicht auf dem Seeboden bildet, welche durch die vereinigte Tätigkeit von Lebewesen aufgearbeitet wird, auf welche gerade die geringe Tiefe, in der die Stoffe abgelagert werden und die entsprechend hohen Temperaturen im Sommer einen günstigen Einfluss haben können. Es kommen hiebei jedenfalls auch höhere Pflanzen, hauptsächlich Potamogetonarten in Betracht, die sich am Ufer in mächtigen Beständen entwickeln.

Im folgenden möchte ich nochmals die Wirkung des Windes zusammenfassend erörtern. Derselbe macht sich teils im günstigen, teils im ungünstigen Sinne bemerkbar.

Vorherrschend ist der SW- bezw. der W-Wind. Durch diese werden die Schwimmstoffe an der Oberfläche zusammengetrieben und gegen die Stadt hin transportiert. Es ist hiebei nicht ausgeschlossen, dass schwimmende Gegenstände selbst vom jenseitigen Ufer her in der Stadt angetrieben werden. Die aus den Kanälen stammenden Schwimmkörper werden am Ufer festgehalten, häufen sich an irgend einer Stelle an und können besonders durch den ekelhaften Anblick lästig werden. Diese unangenehme Erscheinung ist nun einmal durch die Lage der Stadt bedingt. Die NO- und O-Winde sind zu schwach oder können infolge topographischer Verhältnisse nicht zur Wirkung

gelangen. Diese würden die Schwimmstoffe vom Ufer weg gegen den See hinaus treiben und eine sehr gute Wirkung haben.

Dieser Nachteil des Westwindes wird aber durch einen Vorteil aufgewogen. Durch denselben werden, wie auch durch den Südwestwind, starke oberflächliche Strömungen erzeugt, die ihre Richtung mehr oder weniger gegen die Stadt hin haben. (Von der Stadt gegen SW hat der See eine Breite von über 4 km.) Diese bringen nun das reinere Wasser der Seemitte gegen das Ufer und daraus ist es, wie früher erwähnt, ohne weiteres zu erklären, warum man gerade nach heftigen Stürmen sehr niedere Keimzahlen findet. Durch den Kompensationsstrom wird das unreine Wasser in der Tiefe hinausgeführt, was natürlich von grosser Bedeutung ist. Dass ein solcher wirklich existiert, geht auch aus der von hiesigen Fischern gemachten Beobachtung hervor, dass die Netze in der Tiefe gegen den Wind abgetrieben werden.

Bei jedem stärkeren Winde entstehen oberflächliche Strömungen am Ufer entlang. Ich will von den wiederholten diesbezüglichen Beobachtungen nur ein Beispiel anführen. Bei einem SW-Sturme zeigte sich eine starke oberflächliche Strömung von der Altstadt weg bis in die Neustadt. An zufällig im Wasser vorhandenen Schwebestoffen konnte ich die Strömung, mit genügender Genauigkeit messend, verfolgen. Sie betrug:

| | Geschwindigkeit pro Minute |
|---|---|
| Bei der Dole F | 2,4 m |
| „ „ Platzwehre | 4,0 „ |
| „ „ Dole K | 2,0 „ |
| „ „ neuen Badanstalt | 3,0 „ |

Diese Strömung führte einen Teil der Schwebestoffe, die aus den Kanälen kamen, dem Ufer entlang bis in die Rigibucht mit, wo sie an das Ufer getrieben wurden und liegen blieben. Von der Altstadt bis zur Neustadt war ein ununterbrochener Streifen von Schwebestoffen im Wasser zu sehen. In der eben genannten Bucht kam die Strömung zum Stehen, entwickelte sich aber NW davon von neuem und zwar in der gleichen Richtung (also von der Bucht weg). Zu andern Zeiten konnten dort auch entgegengesetzte Strömungen beobachtet werden.

Eine entschieden günstige Wirkung ist auch den Wellen zuzuschreiben, die das am seichten Ufergrunde aufgehäufte Material, vornehmlich die leichten, organischen Stoffe, aufwirbeln und im Wasser suspendieren. Dieses wird so auf eine grössere Strecke verteilt. Wenn die Wellen schief zum Ufer auftreten, so wirken sie wie bei einer Strandversetzung, indem sie das Material dem Ufer entlang fort-

arbeiten und wieder die Verteilung auf eine grössere Fläche bewirken. Darin mag ein weiterer Grund liegen, dass man bis jetzt noch keine besonders starke Verschlammung beobachtet hat, trotzdem Anfänge dazu in der Nähe einzelner Dolen vorhanden sind.

Dass am Grunde wirklich Material hinausgeschafft wird, kann auch aus dem Befunde geschlossen werden, dass man bis 100 m hinaus Fasern finden konnte, die kaum direkt dort abgelagert wurden, sondern erst nachträglich dorthin gelangten.

---

## Schlussbemerkungen.

Die Zone direkt am Ufer wird durch die Abwässer stark verunreinigt. In geringerem Masse macht sich die Verunreinigung bis in eine Entfernung von 4—500 m bemerkbar und nur äusserst selten noch weiter in den See hinaus. Weder südlich noch nördlich der Stadt ist von einer bakteriellen Verunreinigung etwas zu bemerken.

Am stärksten macht sie sich bei der Platzwehre und im Gebiet der Neustadt geltend.

In der verunreinigten Uferzone wurden im Sommer mehr Keime gefunden als im Winter. In grosser Entfernung vom Ufer war eine Steigerung des Bakteriengehaltes im Winter, wie sie anderwärts beobachtet wurde, nicht zu erkennen.

Abgesehen von der verunreinigten Uferzone der Stadt ist das Wasser des Zugersees als sehr rein zu betrachten, da schon in einer Entfernung von über 700 m die Keimzahlen nur in wenigen Fällen die Zahl 100 überstiegen, während z. B. im Zürichsee bedeutend höhere Zahlen gefunden wurden, was sich schon daraus erklärt, dass letztgenannter See von einem Kranz gewerbreicher Ortschaften umgeben ist, während am Zugersee ausser der Stadt Zug nur wenige kleinere Ortschaften liegen, deren verunreinigende Wirkung bei der Grösse des Sees vernachlässigt werden kann.

Die Verunreinigung des Sees am Ufer macht sich im Sommer bei warmem, ruhigem Wetter am stärksten bemerkbar durch Anhäufung feiner Schwimmstoffe, stärkere Zersetzung etc.

Auch gröbere Schwimmstoffe häufen sich am Ufer an, hauptsächlich bei Westwinden. Dieselben entstammen nur zum Teil dem Doleninhalte und sollten aber mehr, als dies zu geschehen scheint, entfernt werden.

Das Abwasser verbreitet sich nach dem Verlassen der Dolen in der Weise, dass es untersinkt und mehr am Grunde hinfliesst.

Die Abwasserpilze Sphaerotilus natans, Carchesium Lachmanni und Leptomitus geben ein genaues Bild der Verunreinigung. Besonders kräftige Wucherungen waren nur um die Platzwehre herum und bei den Ausmündungen der Kanäle zu beobachten, während sie an andern Stellen spärlicher wurden. Schon daraus geht hervor, dass die Uferzone nicht eine gleichmässige Verunreinigung erleidet.

Die teilweise erhebliche Verschmutzung der Uferzone durch die Abwässer der Stadt Zug lässt eine rationellere Einleitung derselben in grösserer Distanz vom Ufer als dringend wünschbar erscheinen.

Auch bei einer systematisch durchgeführten Kanalisation der ganzen Stadt, welche dem See eine grössere Menge Schmutzwässer zuführen würde als die jetzige, ist nicht anzunehmen, dass der Reinheitszustand desselben in nachteiliger Weise beeinflusst würde. Seine im Verhältnis zur Einwohnerzahl der Stadt Zug enorme Wassermenge und die verschiedenen oben erwähnten Faktoren bieten uns hiefür genügend Garantie. Übrigens könnten, falls sich dies als nötig herausstellen sollte, die Abwässer vor ihrer Einleitung in den See von den gröbern Schwimmstoffen befreit werden.

---

Zum Schlusse sei es mir gestattet, meinem hochverehrten Lehrer

Herrn Prof. Dr. O. Roth

den herzlichsten Dank auszusprechen für die Anregung zu dieser Arbeit, das rege Interesse, das er ihr entgegenbrachte und all die Unterstützung, die er mir bei der Ausführung zuteil werden liess. Ebenso verdanke ich den Herren Prof. Bieler, Stadtrat Weiss und Kantonsingenieur Müller in Zug ihr freundliches Entgegenkommen.

---

# Über die Beatus-Höhlen am Thunersee.

Von

Arnold Heim.

---

Im Winter 1908 nahm ich im Auftrag der Beatushöhlen-Genossenschaft eine kurze geologische Untersuchung der Beatushöhlen vor. Es wurden mir in verdankenswerter Weise zwei tüchtige Männer mitgegeben, ohne deren kundige Führung eine Begehung des hinteren, nicht aufgeschlossenen Höhlenteiles dem Bach entlang kaum möglich gewesen wäre. Da vielleicht nicht so bald wieder ein Geologe den hinteren Höhlenteil betreten wird, fühle ich mich verpflichtet, einige geologische Notizen zu veröffentlichen.

Ausser zwei Sätzen von F. J. Kaufmann[1]) ist nichts geologisch wichtiges bekannt. Die menschliche Geschichte hingegen ist in vorzüglicher Weise durch Herrn Hartmann im Höhlenprospekt behandelt.

Vor 5 Jahren wurde die Höhle erschlossen und ein etwa 800 m langer Weg angelegt, der den komplizierten Höhlengängen entlang führt bis zum „Hades". Das überraschendste ist der tosende Bergbach, der die Höhlen begleitet. Der Eingang befindet sich bei Punkt 687 auf Siegfried-Blatt 391, Nordseite des Thunersees (Dampfschiffstation). Bevor wir das Innere betrachten, soll das stratigraphische Profil, wie es bei Tag beobachtet werden kann, kurz besprochen werden.

## 1. Stratigraphische Lage.

Wir finden von unten nach oben folgende Schichten (vgl. Fig. 1 u. 2).

**1. Kieselkalk**, Hauterivien;

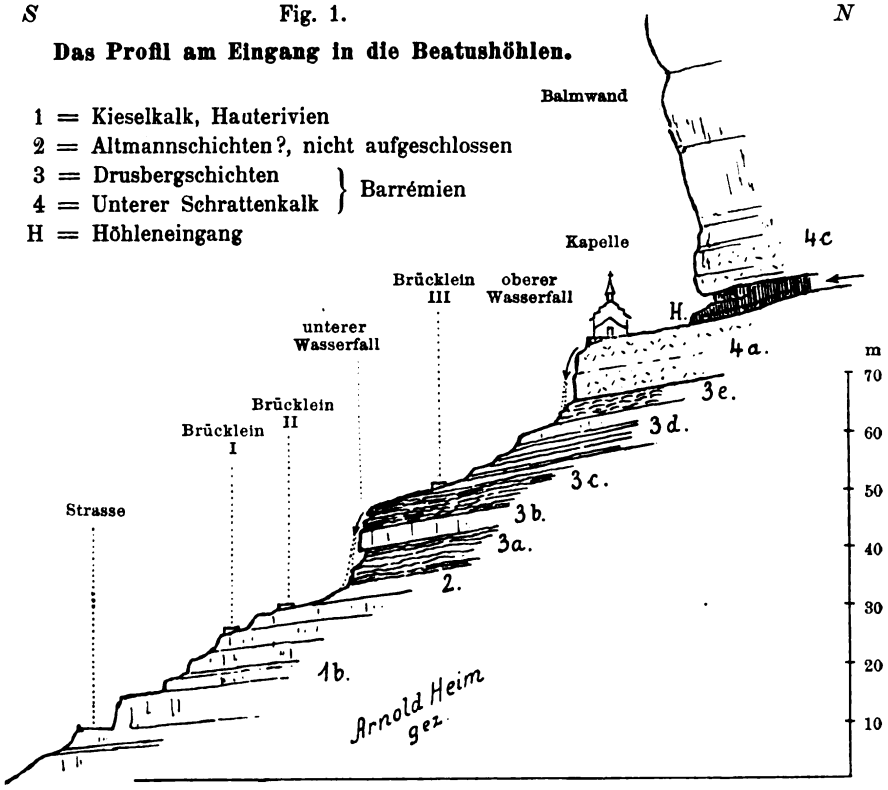
a) im unteren Teil (50 -+ x m) dünnbankig, Bänke meist 1—3 dm, Typus des „Mäuerchenkalkes" Toblers,

[1]) F. J. Kaufmann: Emmen- und Schlierengegenden etc. Beiträge zur geol. Karte d. Schweiz. Lfg. 24, 1886, p. 291, Tafel XIII, Fig. 7.

b) im oberen Teil zirka 25 m mehr kompakt, grobbankig; Bänke 0,5—1 m, manchmal undeutlich; inwendig dunkelgrau, sehr fein körnig, zäh, klingend, muscheliger Bruch, gibt Feuer beim Hammerschlag; keine Kieselknollen beobachtet.

*S* Fig. 1. *N*

**Das Profil am Eingang in die Beatushöhlen.**




**2. Altmannschichten** (unteres Barrémien),
wenn überhaupt ausgebildet, sind nicht aufgeschlossen. Zwischen Kieselkalk und Drusbergschichten (oberhalb Brücklein II in Fig. 1) setzen auf etwa 5 m die Aufschlüsse im Bachprofil aus.

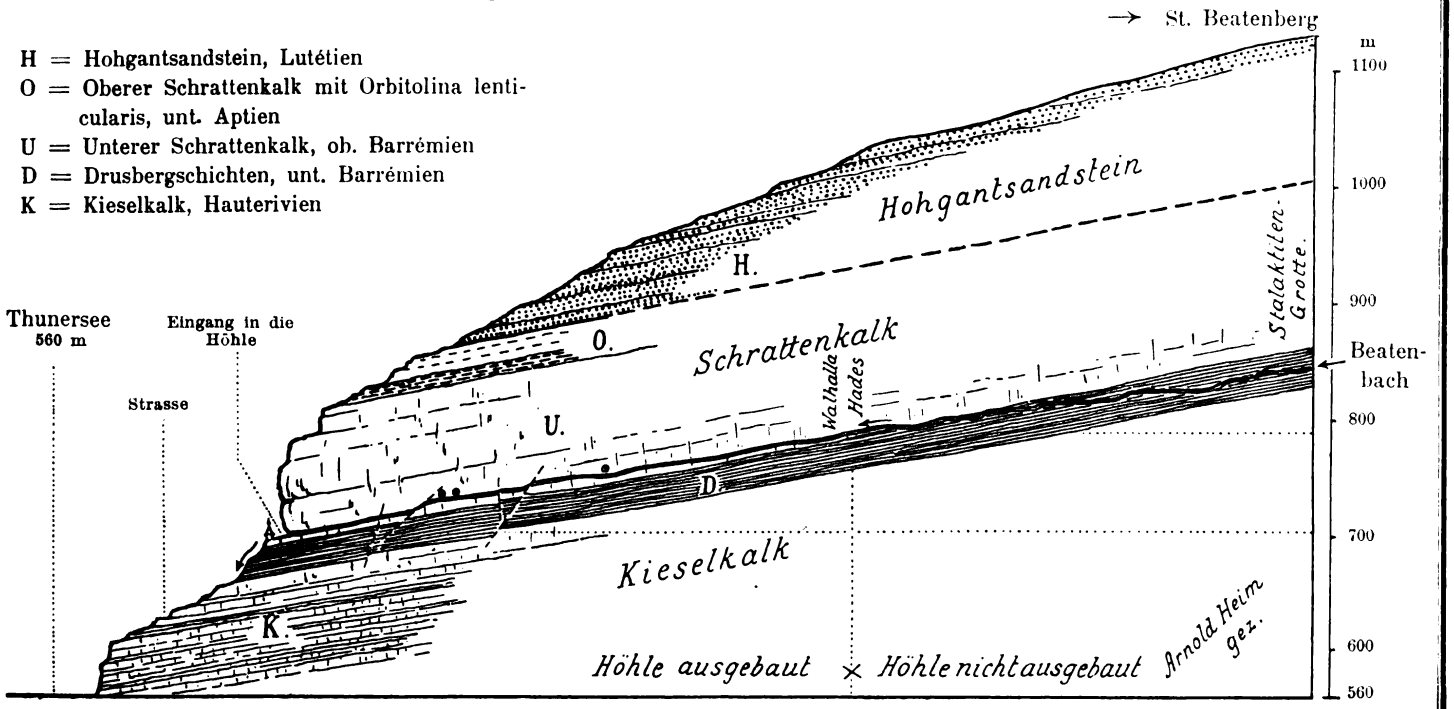
**3. Drusbergschichten,** mittleres Barrémien,
sind im ganzen etwa 25 m mächtig und bestehen von unten aus

a) 5 m schieferige Mergel, etwas wellig-knollig,
b) 3 m kompakte Kalkbank, sehr feinkörnig, ähnlich Kieselkalk, nicht zoogen,
c) zirka 6 m dunkle, schiefrig angewitterte Mergel und Kalklagen von meist 2—3 dm, die jedoch vom Mergel nicht scharf getrennt sind, inwendig dicht, grau,
d) zirka 6 m grobbankische Schichten, sammetgraue Mergel mit fast dichten Kalkbänken, beide ineinander übergehend.
e) 3 m flaserige, sammetkörnige Mergel.

*SSW* *NNE*

**Fig. 2.**

**Längsprofil durch die Beatus-Höhlen am Thunersee.**



Scharfe Grenze gegen

4. **Unterer Schrattenkalk**, oberes Barrémien,
   a) 8 m grobkörniger, grauer Echinodermenkalk, massig, zoogen; darauf steht die Kapelle,
   b) 4 m feinkörniger bis dichter Miliolidenkalk, bildet den Höhleneingang H und ist nach oben von einer weit durchgehenden Schichtfuge abgegrenzt,
   c) zirka 30 m massig, spätig, hellgrau wie a, grobkörnig und zum Teil oolithisch,
   d) zirka 60 m blauweisse Wände, massig, zoogen.
5. **Oberer Schrattenkalk**, unteres Aptien, Bedoulien, zirka 30 m (?) mächtig (0 in Fig. 2),
   unterer Teil mit mergelig schiefrigen und knorrigen Lagen, erfüllt mit Orbitulina lenticularis d'Orb., auch häufig Schalen von Zweischalern u. a.; rotbraune Verwitterung;
   oberer Teil grobbankig, inwendig hellgrau, dicht.
   Messerscharfer, ziemlich glatter Kontakt (ohne erkennbare Discordanz) gegen
6. **Hohgantsandstein**, Lutétien (Mittel-Eocaen),
   unterer Teil weisslicher Quarzsandstein, massig bis sehr grobbankig, dunkel angewittert, enthält massenhaft Orthophragmina (Discocylina) discus Rütim., weniger häufig Nummulina Boucheri d. l. Harpe[1]).

Bei St. Beatenberg kompakter grauer Quarzsandstein, zum Teil quarzitisch, feinkörnig, hart, mit muscheligem Bruch, klingend.

Die auffallendste Erscheinung dieses Profiles ist der glatte Kontakt von Mittel-Eocaen auf unterem Aptien. Das obere Aptien oder Gargasien, das Albien und das Cenomanien (unterer Seewerkalk), die noch 4 km weiter östlich beim Gelbbach an der Waldegg vollkommen entwickelt sind, fehlen vollständig; sie wurden durch vormitteleocaene Denudation entfernt.

## 2. Tektonische Lage[2]).

Das Gebiet der Beatushöhlen, wie überhaupt fast die ganze Nordseite des Thunersees gehört zur Pilatusdecke, d. h. zum unteren und äusseren Zweig der oberen helvetischen Decken[3]). Die Pilatusdecke

[1]) Vergl. Arnold Heim: Die Nummuliten- und Flyschbildungen der Schweizeralpen. Abhandl. d. schweiz. pal. Ges. 1908, p. 30—32, Tafel VI, Fig. 1—20.

[2]) Vergl. A. Buxtorf: Zur Tektonik der zentralschweiz. Kalkalpen Zeitschr. d. Deutschen geol. G. 1908, Tafel XIII, Profil 4.

[3]) Das Profil von A. Baltzer: Erläuterungen zur geol. Karte von Gerber, Helgers, Trösch. Bern 1907, Tafel I, Fig. 1, bedarf einiger Berichtigungen, auf die ich hier nicht eintreten kann.

(vermutlich Fortsetzung der Säntisdecke) ist am Thunersee in zwei Stücke geteilt.

1. Der äussere Teil mit dem Sigriswylergrat, Justistal, Niederhorn-Güggisgrat, Beatenberg. Nahe am Südrand dieses Teiles liegen die Beatushöhlen. Dieser Gebirgsteil ist südöstlich durch den bekannten grossen, längsverlaufenden **Sundlauenenbruch** gegen Flysch abgeschnitten.

2. Das von Brüchen zerhackte Kreidegewölbchen der Waldegg und dessen Eocaen-Mantel bis nach Habkern.

Es wäre nun zu erwarten, dass in einem von Brüchen zerhackten Gebirgsstück die Höhlengänge an die Brüche gebunden wären. Doch wir finden gerade im Gegenteil, dass im grossen Ganzen die Höhle durch ungebrochenes Gebirge führt, während gewaltige Brüche östlich daneben vorbeiziehen. Ich habe in Fig. 3 versucht, die Lage der Höhle in bezug auf die Brüche darzustellen.

Fig. 3.

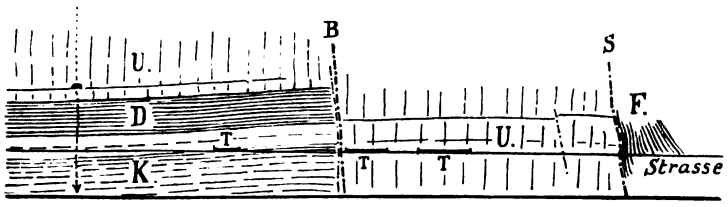
**Die tektonische Lage der Beatushöhle, vom See aus gesehen.**

1 : 7500

K = Kieselkalk, Hauterivien
D = Drusbergschichten } Barrémien
U = Unterer Schrattenkalk }
F = Flysch-Mergelschiefer (Stadschiefer)

B = Beatenbruch
S = Sundlauenenbruch
T = Strassen-Tunnel

*W* Beatushöhle *E*




Beatenbach Thunersee 560 m

Etwa 150 m östlich der Höhle ist die ganze Schichtreihe von einem gewaltigen, annähernd vertikalen Bruch zerschnitten, der Ost 35 N. verläuft. Der relativ abgesunkene, annähernd horizontale Schrattenkalk des Ostflügels stösst am annähernd horizontalen Kieselkalk des Westflügels ab. Es gibt kaum einen schöner zu sehenden und ebenso leicht zugänglichen Bruch in den Schweizeralpen. Die Rutschfläche ist verdoppelt. Mehrere Meter dicke Schrattenkalk-Klemmblöcke liegen dazwischen. Die beiden Teilrutschflächen verlaufen parallel in einem Abstand bis zu etwa 5 m. Die Gsteiglenfluh ist offenbar durch den Bruch bedingt. Dieses prächtige Bruchbild scheint noch in keiner geologischen Arbeit erwähnt oder gezeichnet zu sein. Ich nenne den beschriebenen Bruch den **Beatenbruch.**

Von der Höhle an westwärts scheint kein bedeutender Bruch mehr die Schichten zu zerschneiden bis zur Beatenbucht. Hier aber, annähernd östlich und der Beatenbergbahn entlang muss ein dritter grosser Bruch verlaufen, dessen Sinn dem Sundlauenen- und Beatenbruch entspricht: Den Nordflügel bildet der Hauterivien-Kieselkalk der „Fischbalme", den relativ abgesunkenen Südflügel bildet das Eocaen der „Nase". Man könnte diesen Bruch als **„Nasenbruch"** bezeichnen.

In allen drei Fällen ist der alpeninnere Bruchflügel der gesunkene.

So sehen wir, dass die Höhle in dem relativ ungestörten Gebirgsstück des Balmholzes zwischen Nasenbruch und Beatenbruch liegt. Auf diesem Gebiet senken sich die Schichten ruhig gegen den See, mit etwa 10—15° [1]) durchschnittlichem Gefälle (vergl. Fig. 2). Doch wir müssen nicht wie bisher annehmen, dass sie unter den höheren Decken der Préalpes auf der Südseite des Thunersees fortsetzen. Sie sind vielmehr, wie Buxtorf (l. c.) 1908 zuerst angenommen hat, seitlich tektonisch abgeschnitten. Das eocaene Taveyannazgestein von Merligen liegt nicht über und nicht unter dem Justistal-Gewölbe, sondern discordant davor. Die Linie der seitlichen Abquetschung mag von Merligen an südöstlich den Thunersee durchqueren und etwa gegen Unter-Suld hin streichen.

### 3. Der erschlossene Teil der Beatushöhlen.

**Allgemeines.** Soweit die Höhlen erschlossen sind, liegen sie ganz im unteren Schrattenkalk. Vom Eingang an bis etwa zur „Dreischwesterngrotte" (vergl. Fig. 4) wird das Dach der Höhle von ein und derselben Schichtfuge gebildet. Infolge des zickzackförmigen Verlaufs erscheint in Fig. 2 das Gefälle des Baches, der die trockenen Höhlen begleitet, übertrieben. Das wirkliche durchschnittliche Gefälle des Baches beträgt etwa 10 %. Im allgemeinen folgen Bach und Höhle den Schichtflächen.

**Brüche.** Im ganzen Höhlenprofil, auf gegen 1½ km Länge, konnte ich keinen einzigen Bruch erkennen, der auch nur annähernd einem Beatenbruch gleichkäme. Und doch lassen sich, wie fast immer im spröden Schrattenkalk, nicht selten kleinere Bruchverschiebungen erkennen. Ich habe die beobachteten Brüche mit Strichpunkt-Linien in Fig. 4 eingezeichnet. Sie stehen vertikal oder fallen gegen Süden

[1]) In Fig. 2 ist die Neigung der Schichten eher etwas zu gering gezeichnet. Ich nahm die mittleren Werte des Schichtfallens innerhalb der Höhle. Nördlich über der Höhle notierte ich 15°. Darnach würde dann der Hohgantsandstein eine weniger dicke Platte über dem Schrattenkalk bilden.

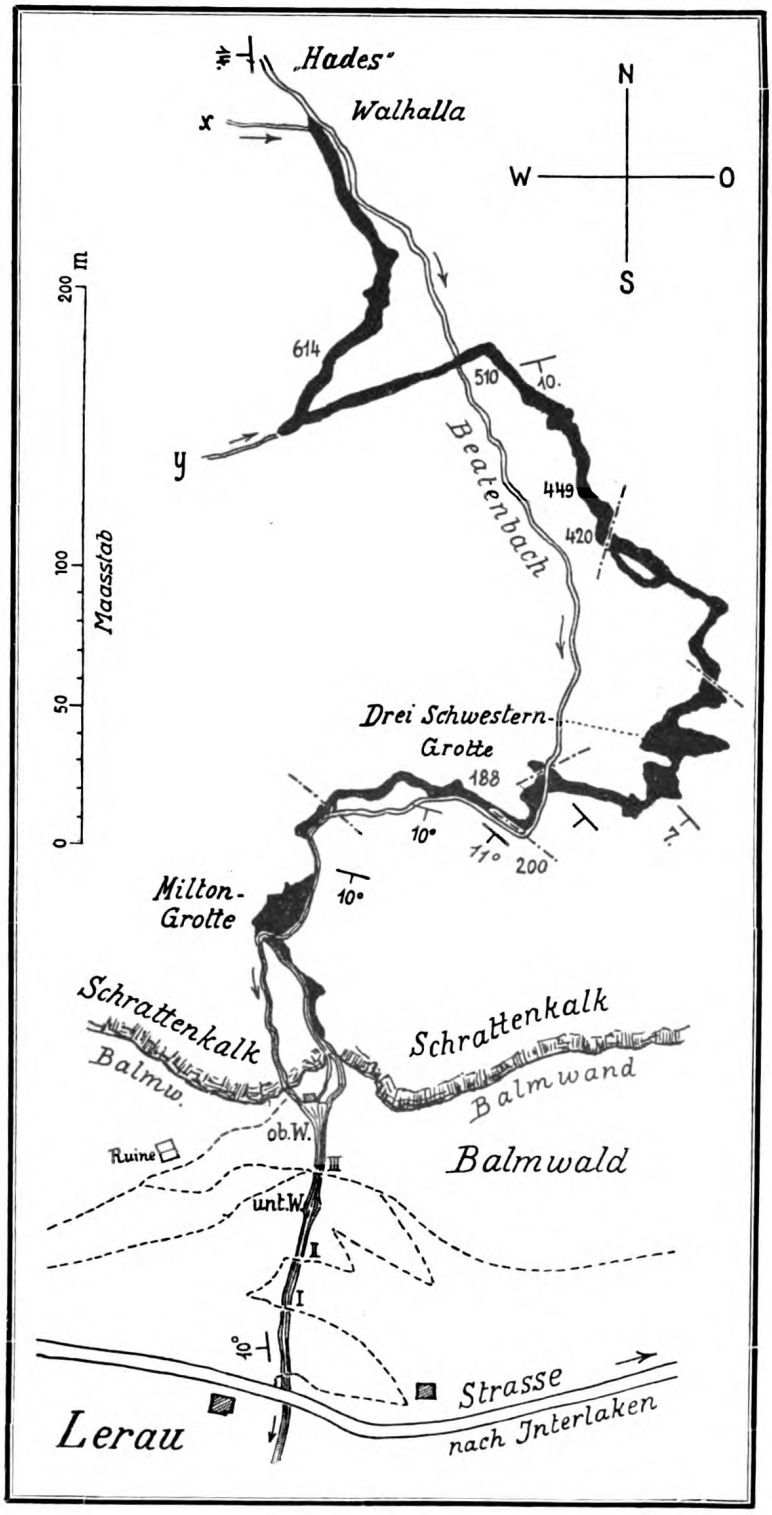



**Fig. 4. Grundriss der Beatushöhlen am Thunersee**
nach dem Plan der Beatushöhlen-Genossenschaft gezeichnet.
(Die trockene Höhle ist schwarz gehalten; tektonische Brüche durch –·–·– bezeichnet.)

oder Osten; eine andere Gesetzmässigkeit ihres Verlaufes ist nicht zu erkennen. Es handelt sich nur um ganz geringfügige Verschiebungen von nicht über 6 m Vertikalsprung. Wichtig ist nun die Beziehung von Brüchen, Höhlen und Bach. Bei zirka 200 m (vom Eingang an krummlinig gemessen) ist die Deckenschicht durch einen schrägen Bruch etwa 5 m vertikal verschoben. Bach und Höhle machen den tektonischen Sprung mit, der Bach in Form einer Schnelle, der Weg führt eine Treppe hinauf. Bei 420 m ist abermals mit dem Bruch auch die Höhle schräg verschoben und eine Treppe führt in ein etwa 6 m höheres Stockwerk. Allein in diesem Falle macht der Bach den Sprung nicht mehr mit; nur das Dach der Höhle ist versetzt.

In den genannten Fällen wird die Höhle von den Brüchen durchquert. Bei 200 m aber folgen Höhle und Bach eine kleine Strecke weit einer schrägen Bruchfläche des Schrattenkalkes (Fig. 5).

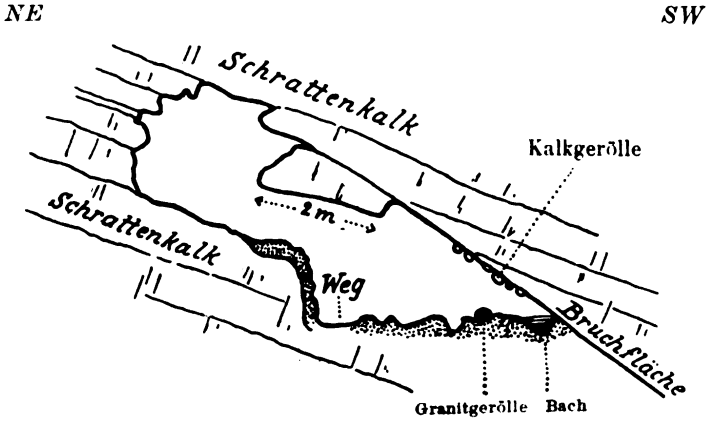



Fig. 5. **Querschnitt durch die Beatushöhle** bei 200 m.
(Kalksinter fein punktiert.)

**Sinterbildungen.** Die Höhle ist reich an Kalksinten-Absätzen. Vielfach bildet der Sinter ein durchaus kompaktes, zähes, klingend hartes, massiges Gestein, gelb, fein krystalliner, reiner Kalkfels. Weniger häufig ist die weiche, kreidige, poröse Ausscheidung an den Seitenwänden der Höhlen (z. B. in Fig. 5 links). Der Kalksinter ist vom Beatenbach und seinen temporären Nebenläufen ausgeschieden worden. Vielfach hat sich der Bach wieder in seinen eigenen Sinter eingefressen (Fig. 6). Lokal erreicht der Sinter 1 m Mächtigkeit (Fig. 6), meist aber bildet er nur dünne und wenig weit zusammenhängende Überzüge über den Schrattenkalkfelsen auf der unteren Höhlenseite.

**Tropfstein** ist im allgemeinen spärlich und nicht besonders schön ausgebildet. Die Stalaktiten sind lange, dünne Röhren, während die

entsprechenden Stalagmiten dicke, runde Zapfen bilden (wie in Fig. 8, links oben). Sobald sich beide berühren, fliesst das Wasser aussen am Röhrchen entlang und der Tropfstein verbreitert sich säulenförmig (Fig. 8). Die Tropfsteine sind im allgemeinen trüb und gelblich gefärbt.

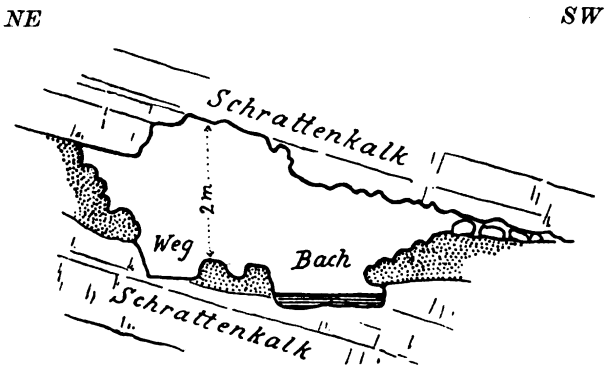



Fig. 6. **Querschnitt durch die „Bachgrotte"** bei 188 m.
Kalksinter schwarz punktiert.

**Erosionsformen.** Im unteren Teil wie im Dach der Höhlen zeigen sich fast überall die Spuren der Auslaugung durch das fliessende Wasser. Bezeichnend sind die konkaven Einbuchtungen der Höhlenwände sowohl an den nackten Schrattenkalkfelsen als auch an den sekundär wieder ausgelaugten Sinterabsätzen (z. B. bei 449 m). Eine ganz rätselhafte Erscheinung sind die in der Höhlendecke nach oben blind endenden, geglätteten Hohlgänge. So findet sich bei 614 m ein Spiralgang von etwa 80 cm Höhe an der Höhlendecke, gleichsam eine reziproke „Gletschermühle" (Fig. 7). An der gleichen Stelle sieht man an der Decke als Auslaugungsrückstände einzelne schwarze Kieselknollen (in Form reziproker Gletschertischchen). Im allgemeinen sind Kieselkonkretionen im Schrattenkalk selten; hier aber treten sie bis zu 10 cm Dicke auffällig hervor (Fig. 7).

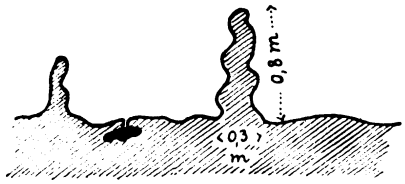



Fig. 7.
**Obere Wand der Höhle** bei 614 m.

**Bach-Gerölle.** Das Vorkommen von grösseren Granitgeröllen[1]) im Innern der Höhlen, bis zum hinteren Teil des aufgeschlossenen

[1]) Herr Hartmann in Interlaken hat mich auf diese Gerölle aufmerksam gemacht.

Teiles, gehört zu den eigenartigsten und interessantesten Erscheinungen der Höhle. Ich sah drei grössere Gerölle von grauem Granit, eines davon mit zirka 25 $dm^3$, (Fig. 5), eines von 40 cm Durchmesser bei 510 m (vergl. Fig. 4). Der Granit stammt wohl aus dem Aarmassiv und ist von Gletschern irgendwo auf den Beatenberg hingebracht worden und dann an noch unbekannter Stelle vom Beatenbach oder noch eher von einem seiner temporären Zuflüsse (x in Fig. 4) in die Höhle heruntergeschleppt worden. Es fiel mir nämlich auf, dass ich im hinteren, nicht aufgeschlossenen Teil der Höhle und im Bett des Beatenbaches keine solchen Gerölle mehr fand. Es ist nicht anzunehmen, dass die Gerölle während der Eiszeit vom unteren Ende der Höhle rückwärts in die komplizierten Gänge gebracht worden sein könnten. Viel häufiger als Granitgerölle sind solche von einem feinkörnigen, schwarzen Kieselkalk, vielleicht den eocaenen Hohgantschichten des Beatenberggebietes entstammend. Die grössten beobachteten Gerölle haben 40 cm Durchmesser; die meisten sind viel kleiner und scheinen ebenso auf den aufgeschlossenen Teil der Höhlen beschränkt zu sein. Eine eigenartige Erscheinung ist der in Fig. 5 dargestellte, auf der oberen Höhlenwand angeklebte Überzug von kleineren, schwarzen Bachgeröllen.

### 4. Der hintere, nicht erschlossene Teil der Höhlen.

Bei niedrigem Wasserstand kann man mit Hilfe von Seil und Leitern, oft bis an den Bauch im Wasser, im Bach aufwärts klettern. Wir sind bis auf 500 m abgewickelter Entfernung vom oberen Ende der ausgebauten Höhle („Hades") aus vorgedrungen. Bald hinter dem „Hades" schneidet der Bach in die relativ scharfe, flaserige Schrattenkalk-Drusbergschichten-Grenze ein, und läuft eine Strecke weit dieser entlang, zwar ohne genau an eine bestimmte Schichtfuge gebunden zu sein. Im hinteren Teil aber läuft der Bach ganz in Drusbergschichten (vergl. Fig. 2).

Dieses Resultat überrascht deshalb, weil die Drusbergschichten mergelige Kalke sind, die weder zu einer Zerklüftung neigen, noch günstig zur Auslaugung durch Sickerwässer sind. Es ist geradezu eine verblüffende Erscheinung, im tosenden Bach, so tief im Innern des Berges von den Wänden der Drusbergschichten abgeschlossen zu sein und keine Spalte und keine Schichtfuge zu sehen, die dem Bach und der Höhle den Weg weisen würde. Und anstatt dass der Bach nun im hinteren Höhlenteil von hoch oben durch den Schrattenkalk herunter fiele, fallen im Gegenteil die Schichten etwas steiler als der Bach. Die Herkunft des Baches ist noch unbekannt[1]). Die Höhlen

[1]) Färbversuche mit Fluorescin könnten eventuell zur Herkunftsbestimmung führen.

sind überaus mannigfach, von einem weiten Raum, einer Grotte, gelangt man plötzlich vor einen engen Kanal, in dem der rauschende Bach eingezwängt herunterschiesst. Doch da oder dort zeigt sich ein Nebengang. Man klettert in diesen herauf und zwischen den Stalaktiten hindurch. Es wird stiller. Und geht man nun eine Stufe höher in dem verschlungenen Nebengang weiter, so rauscht es plötzlich wieder und es vereinigen sich die Nebenhöhlen mit der Bachhöhle. Diese Nebengänge sind wohl Überläufer bei Hochwasser.

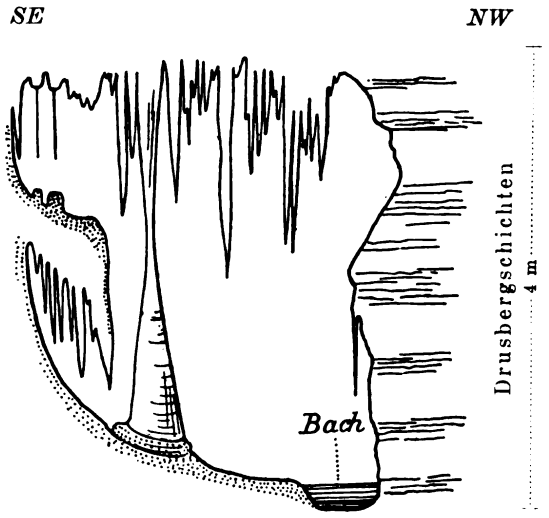



Fig. 8. **Querschnitt durch die „Stalaktitengrotte“**
500 m vom Ende des erschlossenen Höhlenendes („Hades“) entfernt.

Nach etwa 5 Stunden erreichten wir die „Stalaktitengrotte“ (Fig. 8). Es ist wieder eine solche Höhlenerweiterung, reich mit Tropfsteinen verziert, wie ein gotischer Bau.

Ausser den Tropfsteinen trifft man im Bach wieder die bekannten Sinterüberzüge der Wände. Besonders zauberhaft sind blaugrüne Wasserbecken, von weissen Kalkkrusten umsäumt. Diese Krusten wachsen vom unteren Beckenrand an in konzentrischen Schalen rückwärts und suchen die Wasserfläche zu überdecken.

## 5. Zusammenfassung.

Die Beatushöhlen sind das Werk des fliessenden Wassers. Wie aber die ersten zusammenhängenden Fugen entstanden, die zu den Höhlen führten, ist mir unverständlich. Primäre Höhlengänge im Schrattenkalk sind kaum anzunehmen, denn der Schrattenkalk ist keine Korallenriffbildung. Noch viel weniger können primäre Höhlen in den Drusbergschichten vorhanden gewesen sein. Man könnte nun annehmen, dass die letzten Stösse des alpinen Horizontalschubes nach

Entlastung des Flyschmantels zu Schichtfugen führten, in denen sich alsbald das Wasser sammelte, doch diese Erklärung würde wohl nur für den Schrattenkalk passen. Tatsache ist, dass die Beatushöhlen nicht an tektonische Sprünge gebunden sind. Wo aber der Höhlenweg zufällig über kleinere tektonische Brüche hinwegführt, da machen Höhle und Bach manchmal den Sprung mit, oder sie folgen ein Stück weit der Bruchfläche. Ebensowenig, wie die Höhlen an eine Bruchfläche gebunden sind, folgen sie genau ein und derselben Schichtfläche. Und doch lässt sich leicht erkennen, dass die Höhlen mit Vorliebe den prägnanten Schichtflächen folgen. So sahen wir in der äusseren Hälfte der ausgebauten Höhlengänge ein und dieselbe Schichtfläche das ebene Höhlendach bilden. Durch Nachbrechen von oben erweiterte sich dann die Höhle zu niedrigen, breit ausgedehnten Räumen, wie z. B. der „Dreischwesterngrotte" (Fig. 4). Wo aber die Höhle sich in den Drusbergschichten bewegt, folgt sie keiner bestimmten Schicht; Dach und Boden wechseln unregelmässig in ihrer Schichthöhe.

Das auffällige und eigenartige der Beatushöhlen ist der tosende Bergbach, der in eigenem Höhlengang oder in der begehbaren Höhle fliesst. Dass die trockenen Gänge gewissermassen tote Talstücke vorstellen, dass es früher Wasserläufe waren, geht aus den Sinterbildungen hervor. Sie dienen auch jetzt noch bei Hochwasser als Überlauf-Kanäle.

Vom tosenden Wasserfall des „Hades" führt uns der verschlungene Weg wieder ans Tageslicht, an die zauberhaft schöne Stätte, der die Sage von dem heiligen Beatus die Weihe gibt.

# Die Grundlagen für die Neugestaltung der astronomischen Zeitmessung.

Von

A. Weiler.

## I.

## Umdrehung und volle Umdrehungen einer Kugel um einen ihrer Durchmesser.

Man setze eine Kugel $K$ voraus, welche sich um eine durch ihren Mittelpunkt $O$ gehende Achse $p$ dreht. Von fortschreitender Bewegung dieser Kugel im Raume soll gänzlich abgesehen werden.

Wenn die Achse $p$ ihre Richtung beibehält, so wird je nach einer vollen Umdrehung der Kugel jeder ihrer Radien oder also jede vom Mittelpunkte $O$ ausgehende Richtung, welche die Umdrehung mitmacht, genau in sich selbst übergehen. Umgekehrt folgt, dass, wenn infolge dieser Umdrehung um die feste Achse eine beliebige von $O$ ausgehende Richtung in sich selbst übergegangen ist, die Kugel eine oder mehrere volle Umdrehungen ausgeführt hat. — Die Endpunkte $P$, $Q$ des Kugeldurchmessers $p$ bleiben während der Drehung fest, sie sind die Pole der Umdrehung und der Kugel. Jeder Halbkreis von $P$ nach $Q$ soll während dieser allgemeinen und grundlegenden Auseinandersetzung als ein Meridian bezeichnet werden. Die Kreise auf der Kugel von den sphärischen Mittelpunkten $P$, $Q$ werden Parallelkreise und Äquator genannt. Während der Umdrehung bewegt sich irgend ein Punkt der Kugel auf dem durch ihn bestimmten Parallelkreis, indem die (sphärische) Entfernung dieses Punktes von den Polen unveränderlich bleibt. — Dreht sich die Kugel um einen beliebigen Winkel $\varphi$, so bilden die Anfangslage $m$ und die Endlage $m'$ irgend eines Meridians miteinander den Winkel $\varphi$, den man beispielsweise als positiv oder negativ zählen wird, jenachdem die Umdrehung im Sinne von Ost nach West, oder umgekehrt, geschieht.

Ist die Umdrehungsachse $p$ veränderlich, so kann im allgemeinen unmöglich jede von $O$ ausgehende Richtung je nach einer vollen Umdrehung in sich selbst übergehen. Nach Voraussetzung

ändert sich vor allem die Richtung $p$. Zur allgemeinen Auseinandersetzung des Verhaltens beliebiger von $O$ ausgehenden Richtungen diene Fig. 1 [1]). Sie zeigt die Kugel $K$, die Anfangslage $p$ der Achse, $P$ des Nordpols, $Q$ des Südpols, $m$ eines Meridians, $A$ eines Punktes auf $m$ und die entsprechenden Endlagen $p'$, $P'$, $Q'$ $m'$, $A'$ jener Elemente, zunächst bezüglich einer vollen Umdrehung der Kugel. — Der Meridian $m$ ist durch die volle Umdrehung um die veränderliche

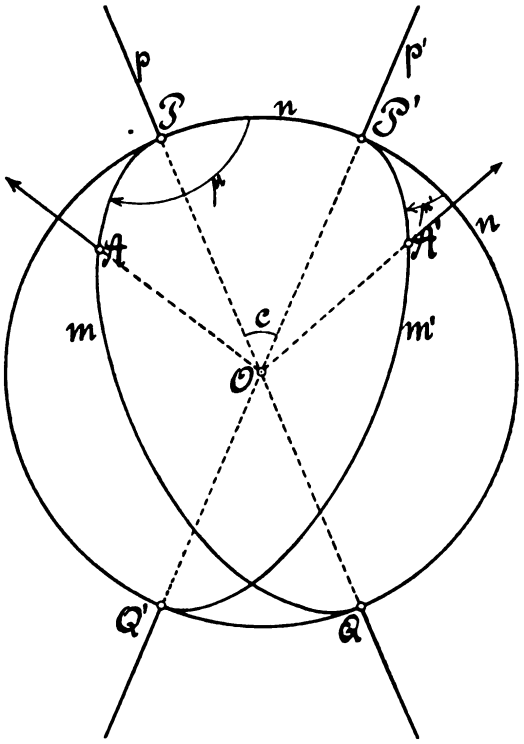



Fig. 1.

Achse in $m'$ übergegangen. Die Lagen dieser entsprechenden Meridiane werden bezeichnet durch die Angabe der Winkel $\mu$, $\mu'$, welche sie bei $P$ und $P'$ mit dem Grosskreisbogen $PP'Q$ (dem Meridian $n$) bilden.[2])

[1]) Mit Ausnahme von Nr. 3, 4 sind die Figuren in Orthogonalprojektion entworfen. In Fig. 1 liegen die Polbilder auf dem Umrisskreise der Kugel, die Projektionsebene ist der Ebene $POP'$ parallel. Originale und Bilder sind der Einfachheit halber gleich bezeichnet, hier wie in den folgenden Figuren, insofern nicht das Gegenteil besonders bemerkt ist.

[2]) Um die Winkel $\mu$, $\mu'$ übereinstimmend zu zählen, beachte man, dass sie je einander gleich sind, wenn $\mu'$ aus $\mu$ dadurch hervorgeht, dass man die Kugel um den aus der Ebene $POP'$ senkrechten Durchmesser (später mit $UOU_1$ oder mit $UU_1$ bezeichnet) um den Winkel $POP' = c$ dreht.

Ist ein entsprechendes Wertepaar $\mu$, $\mu'$ bekannt, so kann man zu gegebener Anfangslage $m_1$ irgend eines Meridians dessen Endlage $m_1'$ in folgender Weise ausdrücken. Bildet $m_1$ mit $n$ (bei $P$) den Winkel $\mu_1 = \mu + \alpha$, so ist $m_1'$ (bei $P'$) zu $n$ unter dem Winkel $\mu_1' = \mu' + \alpha$ geneigt. Die Lagen entsprechender Meridiane sind namentlich auch dadurch eindeutig bestimmt, dass man den besonderen Wert $\nu'$ von $\mu'$ angibt, welcher $\mu = 0$ entspricht. — Während der Drehung bleibt die Poldistanz irgend eines Punktes der Kugel (sowie jedes Parallelkreises) konstant. Es sind somit $A$ auf $m$, $A'$ auf $m'$ ($B$ auf $m_1$, $B'$ auf $m_1'$) entsprechende Punkte, sobald $PA = P'A'$ ($PB = P'B'$). Durch die volle Umdrehung geht die Richtung $OA$ über in $OA'$ ($OB$ in $OB'$). Ist somit ein Wertepaar $\mu$, $\mu'$ (insbesondere $\mu = 0$, $\mu' = \nu'$) gegeben, so sind ohne Zweifel die Endlagen $OA'$, $OB'$, ... aller von $O$ ausgehenden Richtungen durch ihre gegebenen Anfangslagen $OA$, $OB$, ... eindeutig bestimmt, und umgekehrt. — Dreht sich die Kugel um die aus der Lage $p = OP$ in $p' = OP'$ übergehende Achse um einen beliebigen Winkel $\varphi$ (anstatt um $2\pi$ beziehungsweise um 360°), so bleibt das angegebene Gesetz bezüglich der Richtungswinkel $\mu_1$, $\mu_1'$ entsprechender Meridiane $m_1$, $m_1'$ erhalten. Jeder Punkt der Kugel behält auch hier während der Drehung seine Poldistanz bei. Die Endlagen aller von $O$ ausgehenden Richtungen sind durch ihre Anfangslagen (oder umgekehrt) genau in derselben Weise wie vorhin bestimmt, sobald man ein entsprechendes Wertepaar von $\mu_1$, $\mu_1'$ kennt.

Über den Weg, welchen auf der Kugel der Nordpol $P$ bis nach $P'$ zurücklegt, ist bisher keine Voraussetzung gemacht worden. Im Nachfolgenden wird die Aufgabe gelöst, die entsprechenden Meridiane zu finden, wenn der Pol auf irgend einem bestimmten Weg nach $P'$ gelangt, während die Kugel sich um die veränderliche Achse um einen beliebigen Winkel dreht.

Der einfachste Fall der Umdrehung der Kugel um eine veränderliche Achse ist derjenige, in welchem der Pol einen Grosskreisbogen $PP'$, somit die Achse eine Ebene $POP'$ beschreibt. Dieser Sonderfall bildet die Grundlage für die Behandlung des allgemeinen Falles. Es seien, in derselben Ebene durch $O$ liegend, $OP$, $OP_1$, $OP_2$, .. aufeinanderfolgende Lagen der Achse, wobei die Winkel $POP_1 = c$, $P_1OP_2 = c_1$, .. endlich sein mögen. Den auf der Ebene des Grosskreises $PP_1P_2$ .. senkrechten Kugeldurchmesser be-

zeichne man mit $UOU_1$ oder $UU_1$. Schliesslich seien $\varphi$, $\varphi_1$, $\varphi_2$, .. beliebige (endliche) Winkel. Man drehe nun die Kugel um $OP$ als Achse um den Winkel $\varphi$, darauf um $UU_1$ um den Winkel $POP_1 = c$. Die Meridiane durch $P$ gehen infolge dieser doppelten Drehung $\varphi$, $c$ über in solche durch $P_1$, es ist ihre Endlage anzugeben. Es wird genügen, die Endlage $m_1$ von $P_1P = m$ nachzuweisen und zu diesem Zwecke die Bewegungen irgend eines Punktes $A$ auf $m$ zu verfolgen (Fig. 2). Infolge der Drehung $OP$, $\varphi$ der Kugel (um die Achse $OP$ und um den Winkel $\varphi$) dreht $A$ um den Fusspunkt $D$ des aus $A$ auf $OP$ gefällten Lotes bis nach einem Punkt $B$. Die Ebene dieses von $A$ beschriebenen Bogens $AB$ vom Centri-

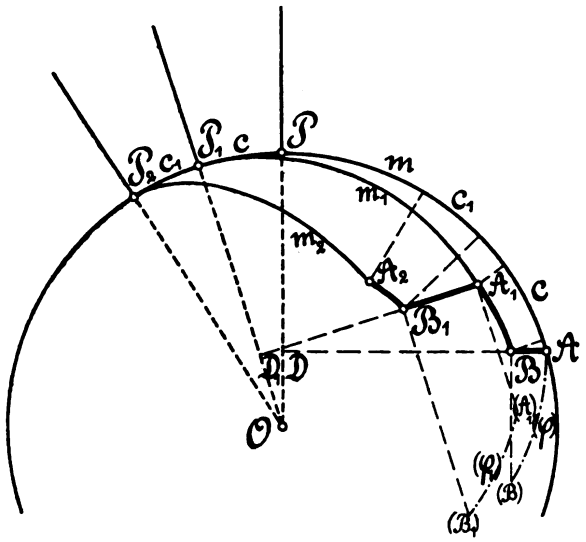



Fig. 2.

winkel $\varphi$[1]) steht auf $OP$ senkrecht. $A$ und $B$ sind von $P$ gleichweit entfernt, es ist $PA = PB$. Der (in Fig. unterdrückte) Meridian $PB$ bildet mit $m$ den Winkel $\varphi$. Die nun folgende Drehung $POP_1$ oder $UU_1$, $c$ führt $P$ in $P_1$, $B$ in $A_1$ über, den Meridian $PB$ in $P_1A_1 = m_1$, wobei seine Neigung zu $m$ unverändert bleibt. Es folgt, dass der gesuchte Meridian $m_1$ zu $m$ unter dem Winkel $\varphi$ geneigt ist, ausserdem haben die Meridianbogen $PA$ und $P_1A_1$ dieselbe Länge.

Dreht man nun die Kugel um die Achse $OP_1$ um den Winkel $\varphi_1$, so gelangt $A_1$ nach $B_1$, wobei $P_1A_1 = P_1B_1$ und $\sphericalangle PP_1B_1 = \varphi + \varphi_1$. Durch die hierauf folgende Drehung $P_1OP_2$ oder $UU_1$, $c_1$ gelangen

[1]) Fig. 2 zeigt die Herabklappungen $A(B) = (\varphi)$, $(A_1\,B_1) = (\varphi_1)$ solcher Bogen um ihre Projektionen $AB$, $A_1B_1$ in die Zeichnungsfläche, die Ebene $OPP_1P_2$.

$P_1$ nach $P_2$, $B_1$ nach $A_2$, $P_1B_1$ nach $P_2A_2$ in $m_2$, wobei $\sphericalangle PP_2A_2 = \varphi + \varphi_1$ und $P_2A_2 = P_1A_1 = PA$. — Führt man nunmehr eine beliebige Anzahl dieser doppelten Drehungen aus $\varphi, c$; $\varphi_1, c_1$; ..; $\varphi_{n-1}, c_{n-1}$, so wird der Pol nach $P_n$ wandern, wobei $\sphericalangle POP_n = \varphi + \varphi_1 + \cdots + \varphi_{n-1}$. Der Punkt $A$ und sein Meridian $PA = m$ gelangen nach $A_n$ und $P_nA_n = m_n$. Hierbei ist $P_nA_n = PA$ und $\sphericalangle PP_nA_n = \varphi + \varphi_1 + \cdots + \varphi_{n-1}$, gleich der Gesamtdrehung der Kugel um die veränderliche Achse. Die Meridiane und die Punkte der Kugel lassen sich hier durch zwei Einzeldrehungen um zwei aufeinander senkrecht stehende Achsen aus der Anfangslage in die Endlage überführen, nämlich durch die Drehung $UU_1$, $(c + c_1 + \cdots + c_{n-1})$ und nachfolgend $OP_n$, $(\varphi + \varphi_1 + \cdots + \varphi_{n-1})$, sowie auch durch $OP$, $(\varphi + \varphi_1 + \cdots + \varphi_{n-1})$ und $UU_1$, $(c + c_1 + \cdots + c_{n-1})$.

Schliesslich dart man alle diese Einzeldrehungen $\varphi_i$, $c_i$ unendlich klein, ihre Anzahl unendlich gross werden lassen. Damit lässt man die Kugel sich um eine veränderliche Achse stetig drehen, während diese Achse ebenfalls stetig in einer Ebene aus der Anfangslage $OP$ in die Endlage $OP'$ dreht. Es wird genügen, hervorzuheben, dass der oben eingeführte Meridian $m$ in denjenigen Meridian $m'$ durch $P'$ übergeht, dessen Neigung zu dem Bogen $P'P$, beziehungsweise zu $m$, gleich ist der Gesamtdrehung $(\varphi + \varphi_1 + \cdot\cdot)$ um die Achse, dass die Poldistanz jedes einzelnen Punktes unveränderlich bleibt, und dass man die gesamte Bewegung der Kugel ersetzen darf durch die zwei Einzeldrehungen $OP$, $(\varphi + \varphi_1 + \cdot\cdot)$; $POP' = UU_1$, $(c + c_1 + \cdot\cdot)$. — Handelt es sich um volle Umdrehungen, so ist $\varphi + \varphi_1 + \cdot\cdot$ ein Vielfaches von $2\pi$, es fällt somit $m'$ mit $P'P$ oder also mit $m$ zusammen. Der Meridian $m$ geht in sich selbst über, er wird in sich um $\sphericalangle POP'$ verschoben. Die vollen Umdrehungen dürfen hier durch die einzige Drehung $POP'$ ersetzt werden.

Man lasse nunmehr den Pol $P$ ein sphärisches Polygon $PAB \ldots MP'$ beschreiben, dessen Seiten Bogen grösster Kreise sind. Während der Pol die 1., 2., 3., .. Seite des Polygons durchläuft, soll sich die Kugel um die Achse, bezüglich um die Winkel $\varphi_1$, $\varphi_2$, $\varphi_3$, .. drehen. In anderer Ausdrucksweise sind hier doppelte Drehungen zusammenzusetzen, die man kurz als $POA$, $\varphi_1$; $AOB$, $\varphi_2$; ... bezeichnen kann; es soll die Endlage des Meridians $PP'$ ange-

geben werden[1]). Der zu der Lösung der gestellten Aufgabe führende Weg wird dadurch deutlich vorgezeichnet, dass man die Kugel zunächst die ersten drei Teilbewegungen ausführen lässt.

Fig. 3[2]) zeigt den Weg $PABCD$ . . des Poles; als Bilder von Grosskreisbogen sind die Seiten dieses Polygons geradlinig. In dem sphärischen Viereck $PABC$ sind die Winkel mit $\alpha$, $\beta$, $\gamma$, $\delta$ bezeichnet. Indem der Pol von $P$ nach $A$ wandert, dreht sich nach Voraussetzung die Kugel um die Achse um den Winkel $\varphi_1$. Der Meridian $PA$, vollständiger als $PAA'$ oder als $PAQ$[3]) zu bezeichnen, gelangt in die Lage $AA_1$, wobei $\sphericalangle A'AA_1 = \varphi_1$. $PC$, zu $PA$ unter dem Winkel

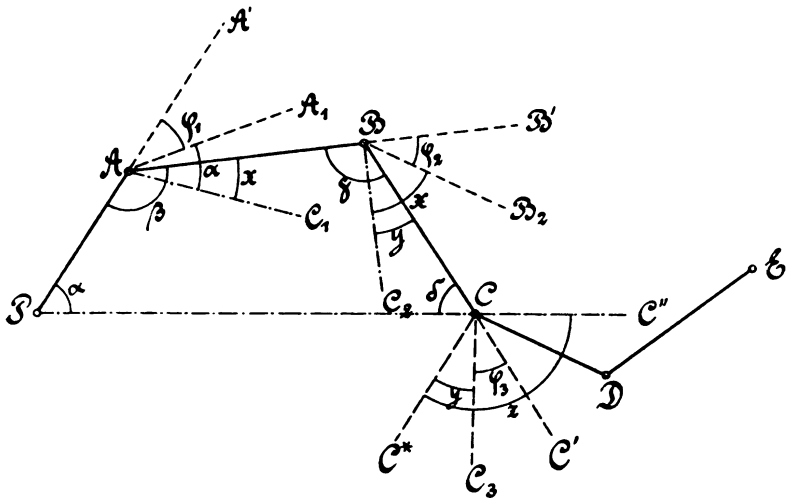



Fig. 3.

$\alpha$ geneigt, gelangt nach $AC_1$, wobei $\sphericalangle A_1AC_1 = \alpha$. Setzt man $\sphericalangle BAC_1 = x$ so ist nach Fig.

$$180 - \beta + x = \varphi_1 + \alpha, \; x = \varphi_1 + \alpha + \beta - 180°,$$

wobei die Winkel in Graden gezählt werden. — Der Pol wandert hierauf von $A$ bis $B$, während die Kugel sich um die Achse um den Winkel $\varphi_2$ dreht. Somit gelangt der Meridian $ABB'$ nach $BB_2$, wobei $\sphericalangle B'BB_2 = \varphi_2$. $AC_1$ gelangt nach $BC_2$, es ist $\sphericalangle B_2BC_2 = x$. Setzt man $\sphericalangle CBC_2 = y$, so ist nach Fig.

$$180 - \gamma + y = \varphi_2 + x, \; y = \varphi_1 + \varphi_2 + \alpha + \beta + \gamma - 360°.$$

---

[1]) Der Meridian $PP'$ geht durch die Anfangslage $P$ und die Endlage $P'$ des Pols, er ist durch diese Eigenschaft vor allen übrigen Meridianen ausgezeichnet.

[2]) Fig. 3 und 4 sind als gnomonische Projektionen der Kugeloberfläche aufzufassen, bei welcher sich alle Grosskreise als gerade Linien abbilden. Man beachte, dass diese Projektionsart nicht winkeltreu ist.

[3]) $Q$ ist wie immer der dem Nordpol $P$ entsprechende Südpol.

Durch die dritte Teilbewegung $BOC,\varphi_3$ gelangt die Richtung $BCC'$ nach $CC_3$, zu der ersteren unter $\sphericalangle\, \varphi_3$ geneigt. Macht man $\sphericalangle\, C_3\, CC^* = y$, so bezeichnet $CC^*$ die Endlage der ursprünglichen Richtung $PCC''$. Für $\sphericalangle\, C''\, CC^* = z$ folgt

$z = \delta + \varphi_3 + y$ oder also $z = (\varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3) + (\alpha + \beta + \gamma + \delta - 360°)$;

$z$ ist die Änderung, welche die Richtung $PCC''$ infolge der drei Teilbewegungen $POA,\varphi_1$; $AOB,\varphi_2$; $BOC,\varphi_3$ erleidet und $CC^*$ ist die Endlage des Meridians $PC$. — Die Rotation um die Achse kann ausschliesslich in einem bestimmten Sinn, wie auch abwechselnd im positiven und negativen Sinne geschehen. In dem für $z$ gefundenen Ausdruck ist somit $(\varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3)$ als eine algebraische Summe aufzufassen, man kann sie als die Gesamtdrehung der Kugel um die veränderliche Achse bezeichnen. Der zweite Summand in dem Ausdrucke für $z$, $\alpha + \beta + \gamma + \delta - 360°$, ist unabhängig von der Umdrehung um die Achse. Er ist durch den vom Pol beschriebenen Weg bestimmt und bedeutet offenbar den sphärischen Exzess des Vierecks $PABC$, die Summe der sphärischen Exzesse der Dreiecke $PAB$, $PBC$. Die Exzesse solcher Dreiecke können positiv wie negativ sein. Man setze bei $P$ den positiven Drehungssinn fest. Bewegt sich $A$ nach $B$, so dreht sich der Grosskreisbogen $PA$ um $P$ bis $PB$. Jenachdem diese Drehung $PA$ nach $PB$ durch das Innere des Dreiecks $PAB$ im positiven oder negativen Sinn geschieht, ist der Exzess des Dreiecks positiv oder negativ. Das Analoge gilt für die Exzesse der Dreiecke $PBC$, $PCD$, .. und es ist oben der Exzess des Vierecks $PABC$ gleich der algebraischen Summe der Exzesse der Dreiecke $PAB$, $PBC$. Solche Exzesse stimmen übrigens mit den Flächeninhalten der betreffenden Polygone überein, sobald man den Kugelradius als Längeneinheit wählt.

In derselben Weise, in welcher hier drei der Teilbewegungen zusammengesetzt wurden, lässt sich eine beliebige Anzahl derselben zusammensetzen. Das bisherige Resultat kann ausgedehnt werden auf den Fall, in welchem der Pol das beliebige sphärische Polygon $PAB\,..\,MP'$ beschreibt. Der ausgezeichnete Meridian $PP'$ wird infolge aller nacheinander aufgeführten entsprechenden Teilbewegungen übergehen in einen Meridian $P'\,P^*$ durch $P'$, zu $PP'$ unter dem Winkel

$$1) \qquad \nu' = \Phi + E$$

geneigt. Hierbei bedeutet $\Phi$ die Gesamtdrehung der Kugel um die veränderliche Achse und $E$ den sphärischen Exzess des Flächenstückes auf der Kugel, welches begrenzt ist einerseits durch das Polygon $PA\,..\,MP'$ und anderseits durch den Grosskreisbogen $PP'$.

In dem Vorstehenden sind die Beträge der Einzeldrehungen $POA$, $AOB$, . . ; $\varphi_1$, $\varphi_2$, . . durchaus willkürlich. Man darf die Seiten und die Aussenwinkel des Polygons, sowie die einzelnen entsprechenden Achsendrehungen $\varphi_i$ unendlich klein, ihre Anzahl unendlich gross werden lassen. Hieraus folgt, dass die Formel 1) auch dann anwendbar ist, wenn die Kugel sich um die veränderliche Achse stetig dreht, während die Achse eine beliebige Kegelfläche vom Scheitel $O$ beschreibt. Die Achse bewegt sich auf der Kegelfläche aus der Anfangslage $OP = p$ bis in die Endlage $OP' = p'$. $\Phi$ bedeutet die Gesamtdrehung der Kugel um die Achse. $E$ ist der Exzess des Flächenstückes der Kugeloberfläche, begrenzt durch den vom Pol beschriebenen Weg und den Grosskreisbogen $PP'$, in kurzer Bezeichnung der Exzess des Abschnittes $|P, P'|$ der Polbahn. — Wenn es nur darauf ankommt, die Endlage des Meridians $PP'$ (oben mit $P'P^*$ bezeichnet) anzugeben, so dürfen bei $\nu'$ Vielfache von 360° weggelassen werden. Ist in diesem Fall $\Phi$ ein Vielfaches von 360°, hat also die Kugel während der Wanderung des Pols eine Anzahl voller Umdrehungen gemacht, so darf $\nu' = E$ gesetzt werden.

Indem die Kugel sich um die veränderliche Achse dreht, behält nach einer früheren Bemerkung jeder Punkt der Kugel seine Entfernung vom wandernden Pol bei. Irgend ein Punkt der Kugel beschreibt während der Drehung den durch ihn bestimmten Parallelkreis, dessen Lage veränderlich ist und legt darauf einen Bogen zurück, dessen Masszahl gleich ist der Gesamtdrehung der Kugel. Namentlich wird während jeder vollen Umdrehung ein Punkt der Kugel den durch ihn bestimmten veränderlichen Parallelkreis einmal umlaufen; es ist die Summe der von dem Punkt in seinem Parallelkreis beschriebenen Bogen gleich dem Umfang dieses Parallels.

Kennt man umgekehrt den Weg $w$ des Poles von $P$ bis $P'$ und zu der Anfangslage $m$ eines Meridians seine Endlage $m'$, so kann der Überschuss $\varphi$ der Gesamtdrehung der Kugel über ein Vielfaches von 360° angegeben werden. Man bezeichne (Fig. 4) den Meridian $PP'$ mit $n$, den Winkel von $m$ mit $n$ durch $\alpha$ und den Exzess des Abschnittes $|P, P'|$ der Polbahn mit $E$. Macht man nun bei $P'$, $\sphericalangle n, n_1 = E$, $\sphericalangle n, m_1 = \alpha$, so ist end-

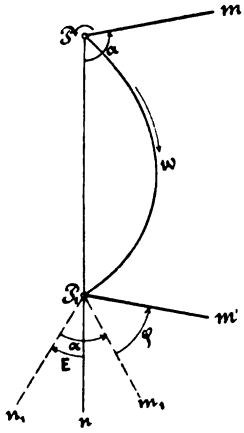



Fig. 4.

lich $\sphericalangle m_1, m' = \varphi$[1]). Hätte nämlich während der bezeichneten Wanderung des Pols die Kugel eine Anzahl voller Umdrehungen gemacht, so wären $n_1$ und $m_1$ die Endlagen von $n$ und $m$, es hat sich somit die Kugel um $\sphericalangle m_1, m' = \varphi$ weiter gedreht.

## II.

## Die Zählung der Sternzeit nach dem Sternzeitkolur. Die Sternzeitpunkte.

Infolge der fortwährenden Drehung der Erde um die Erdachse im Sinne von West nach Ost scheint sich die Himmelskugel um dieselbe Achse, nunmehr Weltachse genannt, im entgegengesetzten Sinne zu drehen. Man bezeichnet diese Erscheinung als die scheinbare tägliche Bewegung des Himmels. Insofern diese Umdrehung eine vollkommen gleichförmige ist, bietet sie die Grundlage für eine genaue Zeitmessung, nämlich die Zählung der Zeit nach dem täglichen Stand der Gestirne. Die Einheit bei dieser Zählung der Sternzeit ist der Sterntag, in Wirklichkeit die Dauer einer vollen Umdrehung der Erde um ihre Achse und gleich der Dauer einer vollen scheinbaren Umdrehung der Himmelskugel um die Weltachse.

Die Umdrehungsachse $p$ ist veränderlich[2]). In erster Annäherung beschreibt sie in nahezu 26 000 Jahren einen Umdrehungs-

---

[1]) Es wird hier vorausgesetzt, die Rotation der Kugel um die Achse geschehe ausschliesslich in einem bestimmten Sinn. In diesem Sinne sind die Winkel $\alpha$ und $\varphi$ zu messen (während der Sinn von $E$ hiervon unabhängig ist) und es ist die Lösung eine eindeutige. — Würde die Rotation der Kugel teils im positiven, teils im negativen Sinne geschehen, oder der Sinn der Rotation unbekannt sein, so würde der gesuchte Überschuss gleich sein irgend einer der beiden möglichen Drehungen von $m_1$ nach $m'$.

[2]) Aus der Veränderlichkeit der Weltachse folgt, dass die scheinbare tägliche Bahn eines Sterns nicht ein Kreis sein kann. Die fortgesetzte scheinbare tägliche Bewegung des Sterns stellt sich dar als eine verhältnismässig rasche drehende Bewegung auf der Himmelskugel um einen langsam fortschreitenden Pol. Demnach ist die gesamte scheinbare Bahn eine Spirallinie, deren einzelne den vollen täglichen Umdrehungen entsprechenden Windungen je von einem Kreise (dessen sphärischer Mittelpunkt etwa in der täglichen Mittellage des Poles zu suchen ist) sehr wenig abweichen. Nach und nach aber ändern sich die einzelnen Windungen und die Radien ihrer Näherungskreise bedeutend, den grossen Änderungen des Abstandes des Sterns vom wandernden Pole entsprechend.

kegel, dessen Achse $r = OR = ROS$ aufgefasst werden mag als der auf der Mittellage der (ebenfalls veränderlichen) Ebene der Ekliptik senkrechte Durchmesser der Himmelskugel. Das Zentrum $O$ der Himmelskugel sei der Erdmittelpunkt. Die Achse $r$ und ihre Pole $R$, $S$ gelten als fest. Der als konstant vorausgesetzte Neigungswinkel der beiden Achsen $p$ und $r$ werde mit $\varepsilon$ bezeichnet, er stimmt mit der mittleren Schiefe der Ekliptik überein. Sein Zahlenwert wird als $23^1/_2{}^\circ$ angenommen[1]). In anderer Ausdrucksweise wird hier vorausgesetzt, dass der Nordpol $P$ der Weltachse $p$ um den festen Nordpol $R$ der Mittellage $e$ der Ekliptik einen Kreis (Breitenparallel) beschreibe vom sphärischen Radius $\varepsilon = 23^1/_2{}^\circ$.

Bisher ist die Sternzeit nach folgenden Grundsätzen fortlaufend gezählt worden. Für jeden Ort auf der Erde ist die Sternzeit, nämlich die Zeit innerhalb des einzelnen Sterntages, gleich dem (in Zeit verwandelten) Stundenwinkel des Frühlingspunktes. Jeder einzelne Sterntag ist die Zeitdauer zwischen zwei aufeinanderfolgenden oberen Kulminationen des Frühlingspunktes. Diese Messung der Sternzeit nach der Lage des Frühlingspunktes, beziehungsweise seines Kolurs, erscheint als etwas Zufälliges, sie entbehrt der wissenschaftlichen Begründung und erweist sich in der Folge als dermassen fehlerhaft, dass sie fernerhin nicht beibehalten werden darf. Um nun aber die notwendige Neuerung in der Messung der Sternzeit ins Werk setzen zu können, muss die Veränderlichkeit der (Richtung der) Weltachse berücksichtigt und die Frage beantwortet werden: Zählt man die Sternzeit bis zu einem zu vereinbarenden Zeitpunkt $Z$ in der bisherigen Weise, welches wird alsdann der neue Stundenkreis sein, nach welchem zu irgend einem gegebenen späteren Zeitpunkt $Z_1$ die Sternzeit bestimmt wird. Die nun folgende näherungsweise Lösung dieser Aufgabe stützt sich auf die bereits erwähnte, nur annähernd richtige Voraussetzung, es bewege sich der Pol der Weltachse gleichförmig auf einem Kleinkreis vom Radius $23^1/_2{}^\circ$. Sie gestaltet sich entsprechend einfach und bietet dennoch einen deutlichen Überblick über den zu genauerer Lösung führenden Weg[2]). Zweifellos muss das auf dieser Grundlage gewonnene Resultat an sich schon einer bedeutenden Verbesserung der astronomischen Zeitmessung gleichkommen.

---

[1]) Dieser Mittelwert von $\varepsilon$ ist absichtlich etwas grösser gewählt als das arithmetische Mittel aus dem grössten und dem kleinsten Wert.

[2]) Unter Berücksichtigung der wirklichen Bewegung des Pols, dem jeweiligen Stand der Wissenschaft entsprechend. Die Entscheidung hierüber liegt bei den Astronomen.

Zu der Zeit $Z$ mögen sich Pol und Frühlingspunkt bei $P$ und $F$ befinden (Fig. 5)[1]), die Sternzeit wird nach dem Äquinoktialkolur $PF = m$ gezählt. Zu der späteren Zeit $Z_1$ befinde sich der Pol bei $P_1$, er hat in der Zwischenzeit $(Z_1 - Z)$ den Punkt $R$ von $P$ bis $P_1$ im Sinne von Ost nach West umkreist[2]). — Auf der Erde setze man einen Beobachter voraus, für welchen zur Zeit $Z$ die Sternzeit gleich Null ist. Für diesen Beobachter ist also zu der Epoche $Z$ der Äquinoktialkolur $m$ die Projektion seines Erdmeridians aus dem Erdmittelpunkt auf die Himmelskugel. Man stelle sich nun die Wirkung der Erd-

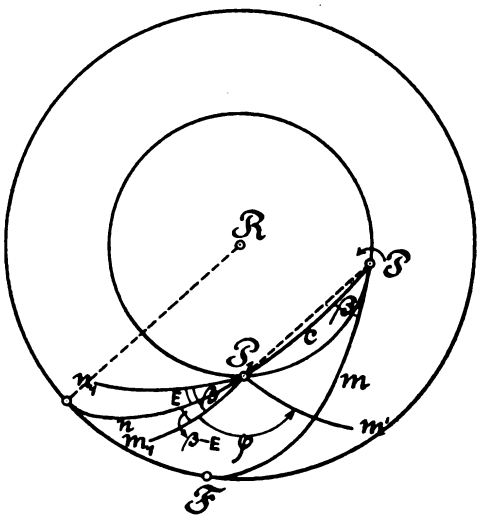



Fig. 5.

rotation selber vor. Während $P$ nach $P_1$ wandert, dreht sich diese Projektion des Meridians des Beobachters gleichförmig um den wandernden Pol im Sinne von West nach Ost (wie der Pfeil bei $P$ andeutet) und befindet sich zur Zeit $Z_1$ in einer bestimmten Lage $m'$ durch $P_1$. Ist nun nach I (Fig. 4)[3]) $m_1$ derjenige Stundenkreis durch

[1]) Fig. 5 ist als blosse Übersichtsfigur aufzufassen; es ist beispielsweise darin die Bahn des Poles der Deutlichkeit wegen absichtlich zu gross dargestellt. Analoges gilt bezüglich der Mehrzahl der Figuren, in welchen oft sehr kleine Winkel in sehr starker und unabhängiger Vergrösserung dargestellt sind.

[2]) Drehungen von Ost nach West erscheinen auch in diesen Abbildungen (Orthogonalprojektionen; die Kugel von Aussen und von Norden besehen) als solche im Sinne des Uhrzeigers.

[3]) Von der Projektionsmethode abgesehen, ist Fig. 5 als Einzelfall von Fig. 4 aufzufassen, wobei an Stelle des beliebigen Winkels $\alpha$ der vorigen Figur hier der bestimmte Winkel $\beta = \sphericalangle (n, m)$ tritt; im Übrigen ist die Bezeichnung in beiden Figuren eine übereinstimmende.

$P_1$, in welchen $m$ übergegangen wäre, wenn in der Zwischenzeit die Erde eine Anzahl voller Umdrehungen gemacht hätte ($\sphericalangle n, n_1 = E$, $\sphericalangle n_1, m_1 = \beta = \sphericalangle n, m$, somit auch $\sphericalangle n, m_1 = \beta - E$), so hat sich in dieser Zwischenzeit die Erde um ein Vielfaches von 360° plus $\sphericalangle m_1, m' = \varphi$ gedreht. Somit ist für diesen Beobachter $\sphericalangle m_1, m' = \varphi$ die Sternzeit zu der Zeit $Z_1$. Sie ist hier von dem Stundenkreise $m_1$ aus im Sinne von West nach Ost bis zum Meridian $m'$ des Beobachters gezählt. Beachtet man nun aber die der wirklichen Drehung $\varphi$ der Erde entsprechende scheinbare Drehung des Himmels, so wird $\varphi$ im entgegengesetzten Sinn, von $m'$ bis $m_1$, gemessen. Nennt man diesen Stundenkreis $m_1$ den Kolur der Sternzeit, so ist in üblicher Ausdrucksweise die Sternzeit gleich dem Stundenwinkel des Sternzeitkolurs. Der Sternzeitkolur zu der Zeit $Z_1$ ist derjenige Stundenkreis, in welchen der Äquinoktialkolur $PF$ der Epoche $Z$ übergehen würde, wenn in der Zwischenzeit die Himmelskugel eine Anzahl voller (scheinbarer) Umdrehungen gemacht hätte.

Der jeweilige Sternzeitkolur darf ersetzt werden durch seinen Schnittpunkt mit dem gleichzeitigen Äquator, durch den Sternzeitpunkt des Äquators, sowie durch den Schnittpunkt mit der (wahren oder der festen) Ekliptik, den Sternzeitpunkt der Ekliptik. Die Einführung dieser Zeitpunkte beruht keineswegs auf einer Notwendigkeit, sie geschieht vielmehr zu dem Zwecke, die Veränderlichkeit des Zeitkolurs deutlicher zu veranschaulichen.

## III.

## Die Rektaszension des Sternzeitkolurs und der Sternzeitpunkte.

Der Sternzeitkolur zu der Zeit $Z_1$ bildet mit dem Grosskreis $PP_1 = n$, bei $P_1$ im Sinne von West nach Ost gemessen, den Winkel $(\beta - E)$, Fig. 5. Die Lage von $n$ hängt ab sowohl von $Z$ als von $Z_1$; ferner sind $\beta$, $E$ und $(\beta - E)$ von der Zwischenzeit $(Z_1 - Z)$ abhängig. Zu der Zeit $Z_1$ befinde sich der Frühlingspunkt bei $F_1$, der Äquinoktialkolur somit in der Lage $P_1 F_1$. Auf diesen ausgezeichneten Stundenkreis $P_1 F_1$ wird zur Zeit $Z_1$ die Lage aller übrigen Stundenkreise bezogen durch Angabe ihrer Rektaszensionen, die von $P_1 F_1$ aus im Sinne von West nach Ost gezählt werden. Demgemäss soll nun die Rektaszension des Zeitkolurs bestimmt werden, sie ist zugleich die Rektaszension der Zeitpunkte.

Fig. 6 stellt die Himmelskugel dar im Grundriss (unterer Teil der Figur) und Aufriss (oberer Teil). Der Mittelpunkt der Kugel

ist $O$ vom Grundriss $O'$, Aufriss $O''$ [1]). Der horizontale Grosskreis der Kugel ist die Ekliptik $e$ (dargestellt durch $e'$, $e''$). Der Umrisskreis des Aufrisses besteht aus den Solstitialkoluren zur Zeit $Z$.

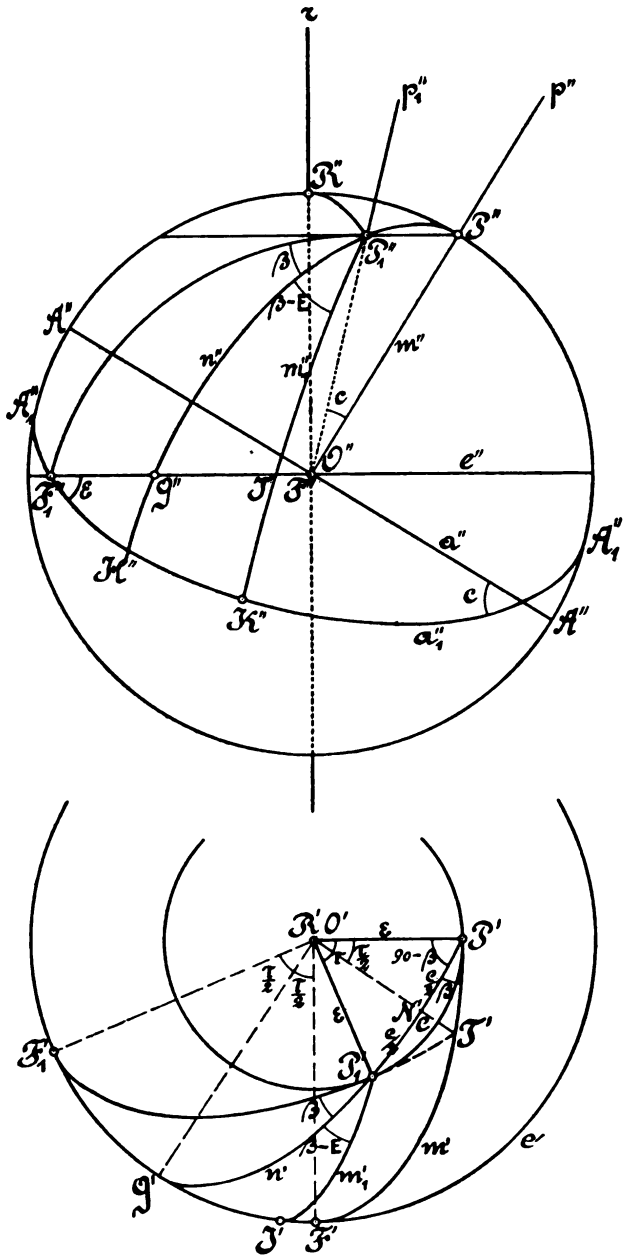



Fig. 6.

[1]) Mit Ausnahme der Winkel sind überall die Grundrisse mit einem oberen Strich, die Aufrisse mit zwei Strichen bezeichnet.

$P$ ($P'$, $P''$) ist die Anfangslage des Pols, nämlich für die Zeit $Z$, $a$ die gleichzeitige Lage des Äquators, welche nur im Aufriss als $A''A'' = a''$ gezeigt wird. Nach Voraussetzung bewegt sich in der Zwischenzeit $(Z_1 - Z)$ der Pol $P$ auf dem „Breitenparallel" vom sphärischen Zentrum $R$ ($R' = O'$, $R''$) und dem Radius $RP = RP_1 = \varepsilon$ bis nach $P_1$. Die entsprechende Endlage des Äquators ist nur im Aufriss dargestellt als $A_1''A_1'' = a_1''$. Die Weltachse hat $OP = p$ zur Anfangs-, $OP_1 = p_1$ zur Endlage. Der von $p$ mit $p_1$ gebildete Winkel, gleich der Masszahl des Grosskreisbogens von $P$ bis $P_1$, ist mit $c$ bezeichnet. In der Zwischenzeit hat sich der Grosskreis („Breitenkreis") $RP$ um den „Ekliptikpol" $R$ um den Winkel $PRP_1 = \tau$ gleichförmig gedreht[1]). Dieser Winkel $\tau$ ist der Zwischenzeit proportional, er wächst von 0 bis $2\pi$, $4\pi$, . . während der Nordpol von $P$ aus den Punkt $R$ 1, 2, . . male umkreist. Es dürfte daher angemessen sein, $\tau$ als den Zeitwinkel zu bezeichnen.

Die Figur zeigt ferner (im Grund- und Aufriss) die Anfangslagen $F$ und $PF = m$ des Frühlingspunktes und des Äquinoktialkolurs, sowie ihre Endlagen $F_1$ und $P_1F_1$. Das rechtwinklige sphärische Dreieck $PRF$ geht durch die Drehung um $R$ und um den Winkel $\tau$ über in $P_1RF_1$ (vgl. den Grundriss), weshalb

$$\sphericalangle\, FRF_1\ (= \sphericalangle\, F'R'F_1' = \sphericalangle\, PRP_1 = \sphericalangle\, P'R'P_1') = \tau^2).$$

Der Grosskreis $PP_1 = n$ schneidet die Ekliptik $e$ in $G$, den Äquator $a_1$ in $H$. Da $\overline{PP_1}$ als Sehne eines Breitenkreises mit der Ekliptikebene parallel ist, so muss $\overline{OG} \parallel \overline{PP_1}$ sein. Im Grundriss, wo sich der Winkel $\tau$ in wahrer Grösse projiziert, ist $\overline{O'G'} \parallel \overline{P'P_1'}$. Es steht $O'G'$ auf der Halbierungslinie $O'N'T'$ des Grundrisses des Winkels $\tau$ senkrecht. Daraus folgt, dass

$$\widehat{FG} = \widehat{GF_1}\ (= \widehat{F'G'} = \widehat{G'F_1'}) = \frac{\tau}{2}.$$

Dreht man den Stundenkreis $PP_1 = n$ um den Pol $P_1$ um den Winkel $(\beta - E)$ nach Osten, so entsteht nach Früherem die Lage $m_1$ des Sternzeitkolurs für die Zeit $Z_1$. Er schneidet die Ekliptik im Punkte $J$, die Endlage des Äquators in $K$, es sind $J$, $K$ die Sternzeitpunkte zur Zeit $Z_1$. Die gemeinsame Rektaszension des Sternzeitkolurs und der Sternzeitpunkte ist gleich dem Winkel $F_1P_1K$ und gleich dem Bogen $F_1K$ des Äquators $a_1$.

---

[1]) Die „Breitenkreise" projizieren sich im Grundriss geradlinig, wie im Aufriss die Grosskreise durch $F$, z. B. $a$ als $a''$.

[2]) Indem man voraussetzt, es wachse der Winkel $\tau$ der Zwischenzeit $(Z_1 - Z)$ proportional, lässt man den Schnittpunkt $F$ des Äquators mit der (mittleren) Ekliptik sich gleichförmig, nämlich mit mittlerer Geschwindigkeit, nach Westen fortbewegen.

Der Äquatorbogen $F_1H$, dessen Masszahl gleich ist derjenigen des Winkels $F_1P_1H$, lässt sich aus dem sphärischen Dreieck $F_1GH$ bestimmen. Dieses Dreieck, vom Aufriss $F_1''G''H''$, ist bei $H$ rechtwinklig, seine Seite $FG$ ist gleich $\frac{\tau}{2}$ und sein Winkel bei $F_1$ gleich der Ekliptikschiefe $\varepsilon$. Daraus folgt, dass $\cos\varepsilon = \operatorname{tg} F_1H \cdot \operatorname{ctg}\frac{\tau}{2}$ und hieraus $\operatorname{tg} F_1H = \cos\varepsilon \cdot \operatorname{tg}\frac{\tau}{2}$. — Das sphärische Dreieck $PRP_1$ (siehe $P'R'P_1'$ im Grundriss) ist gleichschenklig, da $RP = RP_1 = \varepsilon$. Es wird durch die Halbierungslinie des Winkels $PRP_1$ oder $\tau$ in zwei symmetrisch gleiche rechtwinklige Dreiecke zerlegt. Für das eine dieser Dreiecke (etwa $RNP$) ist $\sphericalangle N = 90°$, $\sphericalangle NRP = \frac{\tau}{2}$, $\sphericalangle NPR = (90-\beta)$, $RP = \varepsilon$ und $PN = \frac{c}{2}$. Demnach ist $\cos\varepsilon = \operatorname{ctg}(90-\beta)\cdot\operatorname{ctg}\frac{\tau}{2}$ oder $\operatorname{tg}\beta = \cos\varepsilon\cdot\operatorname{tg}\frac{\tau}{2}$[1]). Der Vergleich dieser Formel mit der oben gefundenen ($\operatorname{tg} F_1H = \cos\varepsilon\operatorname{tg}\frac{\tau}{2}$) zeigt, dass $\operatorname{tg} F_1H = \cos\varepsilon\operatorname{tg}\beta$. Es folgt daraus, dass $F_1H = \beta$, weil beide Winkel für $\tau = o$ verschwinden. Dasselbe Resultat ergibt sich ohne Rechnung aus der Betrachtung des Grundrisses in Fig. 6. Der Breitenkreis (aus $R$), welcher den Winkel $PRP_1 = \tau$ halbiert, ist die Symmetrieachse des Dreiecks $PRP_1$. Auf dieser Achse schneiden sich im Punkte $T$ die Anfangslage des Kolurs $PF$ und die Verlängerung des neuen Kolurs $F_1P_1$ über $P_1$ hinaus. Das sphärische Viereck $PRP_1T$ ist in bezug auf seine Diagonale $RT$ symmetrisch (sein Grundriss besitzt dieselbe Eigenschaft), woraus folgt, dass $\sphericalangle P_1PT = \beta = \sphericalangle PP_1T$. Somit ist auch der Scheitelwinkel $F_1P_1G$ (oder $F_1P_1H$) des Winkels $PP_1T$ gleich $\beta$.

In Fig. 6 ist nunmehr $\sphericalangle F_1P_1H = \beta$, $\sphericalangle HP_1K = (\beta-E)$, es folgt daraus durch Addition $\sphericalangle F_1P_1K = (2\beta-E)$. Der Sternzeitkolur $P_1HK$ für Zeit $Z_1$ hat die Rektaszension

$$2) \qquad \alpha = 2\beta - E.$$

Die nächste Aufgabe wird nun darin bestehen, $\alpha$ durch die unabhängig Variable $\tau$ auszudrücken. Es empfiehlt sich, den Hilfswinkel $\beta$ vorläufig beizubehalten. — $E$ ist der Exzess des Abschnittes $P, P_1$ der Polbahn, begrenzt durch Breitenkreis und Grosskreisbogen, je von $P$ bis $P_1$. Man lasse $P_1$ auf den Breitenkreis bis nach $P_2$ unendlich wenig fortrücken, so entsteht das unendlich schmale sphärische Dreieck $PP_1P_2$, dessen Exzess gleich ist dem Differential des ge-

[1]) Aus demselben Dreieck $RNP$ ergibt sich die später zur Anwendung gelangende Formel $\sin\frac{c}{2} = \sin\varepsilon\cdot\sin\frac{\tau}{2}$.

suchten Exzesses $E$. Die Seiten jenes Elementardreiecks sind $PP_1 = c$, $PP_2 = c + dc$, $P_1P_2$ unendlich klein und es ist der Winkel bei $P$ gleich $d\beta$. Auf dieses Dreieck wende man die allgemeine Formel an für den Exzess eines sphärischen Dreiecks von den Seiten $a$, $b$, $c$ und den der Seite $c$ gegenüberliegenden Winkel $\gamma$,

$$\sin\frac{e}{2} = \frac{\sin\frac{a}{2}\cdot\sin\frac{b}{2}\cdot\sin\gamma}{\cos\frac{c}{2}}\ ^{1})$$

An Stelle von $a$, $b$, $\gamma$, $\cos\frac{c}{2}$ ist zu setzen $c$, $c+dc$, $d\beta$, 1; es folgt $\frac{dE}{2} = \sin^2\frac{c}{2}\,d\beta$. Aus dem Dreieck $PRN$ (Fig. 6) folgt $\operatorname{tg}\frac{c}{2} = \sin\beta\operatorname{tg}\varepsilon$ und hieraus $\sin^2\frac{c}{2} = \frac{\sin^2\varepsilon\cdot\sin^2\beta}{1-\sin^2\varepsilon\cdot\cos^2\beta}$, also ist

$$E = 2\sin^2\varepsilon\int_0^\beta \frac{\sin^2\beta\cdot d\beta}{1-\sin^2\varepsilon\cdot\cos^2\beta}.$$

Die Integration ergibt $E = 2\beta - 2\cos\varepsilon\operatorname{arc\,tg}\left(\frac{\operatorname{tg}\beta}{\cos\varepsilon}\right)$; infolge $\cos\varepsilon = \operatorname{tg}\beta\operatorname{ctg}\frac{\tau}{2}$ (S. 78), wird $E = 2\beta - \cos\varepsilon\cdot\tau$, also endlich nach 2)

$$3)\qquad \alpha = \cos\varepsilon\cdot\tau.$$

Diese sehr einfache Formel für die Rektaszension des Sternzeitkolurs der Sternzeitpunkte lässt sich in folgender Weise direkt herleiten. Wählt man den Radius der in Fig. 6 dargestellten Kugel als Längeneinheit, so stimmen die Exzesse der Kugeloberflächenteile mit ihren Flächeninhalten überein. Der Exzess des Kugelabschnittes innerhalb eines Kleinkreises vom sphärischen Radius $\varepsilon$ ist somit gleich $2\pi(1-\cos\varepsilon)$. Ein Ausschnitt $PRP_1$ dieses Kugelabschnittes ist von zwei sphärischen Radien des Abschnittes begrenzt, welche den Winkel $\tau$ einschliessen. Für den Exzess dieses Ausschnittes erhält man $2\pi(1-\cos\varepsilon)\cdot\frac{\tau}{2\pi} = (1-\cos\varepsilon)\cdot\tau$. Weiter ist der Exzess des sphärischen Dreiecks $PRP_1$ gleich der Summe seiner drei Winkel minus $\pi$, gleich $\tau + 2\left(\frac{\pi}{2}-\beta\right) - \pi = \tau - 2\beta$. Durch Subtraktion des Exzesse des Ausschnittes $PRP_1$ und des Dreiecks $PRP_1$ erhält man als Exzess des Segmentes $[P, P_1]$ der Polbahn wieder $E = 2\beta - \cos\varepsilon\cdot\tau$.

Aus der nunmehr bekannten Rektaszension $\alpha$ des Sternzeitpunktes $K$ des Äquators lässt sich die Ekliptiklänge $F_1J = l$ des Sternzeitpunktes $J$ der Ekliptik herleiten (Fig. 6). Man beachte das bei $K$

---

[1]) Brockmann, Lehrbuch der eb. und sphär. Trigonometrie, Leipzig 1880.

rechtwinklige sphärische Dreieck $F_1 JK$ (siehe $F_1'' J'' K''$, im Aufriss). Seine Hypothenuse ist $F_1 J = l$, die eine Kathete $F_1 K = \alpha$ und der von ihnen eingeschlossene Winkel $JF_1 K$ gleich $\varepsilon$. Daraus folgt

$$4) \qquad \operatorname{tg} l = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\cos \varepsilon}.$$

Der Sternzeitpunkt $J$ der Ekliptik hat sich in der Zwischenzeit $(Z_1 - Z)$ von $F$ bis $J$ bewegt. Die Ekliptiklängen der Punkte $J$ und $F$ zur Zeit $Z_1$, sind $F_1 J = l$, $F_1 F = \tau$, somit ist $JF = \tau - l$.

Setzt man in die eben entwickelten Formeln für $\alpha$, $l$, $JF$ die Zahlenwerte ein $\tau = 0°, 30°, 60°, \ldots$ so entsteht folgende Tabelle, welche die Wanderung des Sternzeitkolurs und der Sternzeitpunkte darstellt innerhalb des Zeitraumes, in welchem der Pol $P$ einmal den Ekliptikpol umkreist.

| $\tau$ | 0° | 30° | 60° | 90° | 120° |
|---|---|---|---|---|---|
| $\alpha$ | 0° 0′ 0″ | 27° 30′ 43″ | 55° 1′ 25″ | 82° 32′ 8″ | 110° 2′ 50″ |
| $l$ | 0 0 0 | 29 35 38 | 57 19 1 | 83 8 55 | 108 30 8 |
| $JF$ | 0 0 0 | 0 24 22 | 2 40 59 | 6 51 5 | 11 29 52 |
| $\tau$ | 150° | 180° | 240° | 300° | 360° |
| $\alpha$ | 137° 33′ 33″ | 165° 4′ 15″ | 220° 5′ 40 | 275° 7′ 4″ | 330° 8′ 29″ |
| $l$ | 135 4 56 | 163 47 20 | 222 33 13 | 274 41 43 | 327 57 15 |
| $JF$ | 14 55 4 | 16 12 40 | 17 26 47 | 25 18 17 | 32 2 45 |

Diese Tabelle zeigt zunächst, dass der Zeitpunkt $J$ der Ekliptik sich verhältnismässig langsam von der anfänglichen Lage $F$ des Frühlingspunktes aus nach Westen bewegt.

Zu der Zeit $Z_1$ befindet sich der Zeitpunkt $K$ des Äquators um $\alpha$ östlich vom Frühlingspunkte $F_1$. Hätte man während der Zwischenzeit $(Z_1 - Z)$ die Sternzeit in bisheriger Weise nach dem Frühlingspunkt fortlaufend gezählt, so wäre ein Gesamtfehler entstanden, welcher gleich ist $\alpha$ in Sternzeit ausgedrückt. Er ist als negativ zu bezeichnen, indem man ihn von der nach dem Punkte $F_1$ gezählten Zeit zu subtrahieren hat, um die richtige Sternzeit des Zeitmomentes $Z_1$ zu erhalten. Die Sternzeit wurde bisher nach einem allzu rasch nach Westen vorrückenden Punkt gezählt. Infolgedessen mussten die Sterntage zu kurz ausfallen und man erhielt für eine bestimmte Dauer eine zu grosse Masszahl. Nach 3) ist der Fehler der Dauer proportional, nämlich unter der Voraussetzung, dass der Pol sich gleichförmig auf einem Kleinkreise (der Frühlingspunkt gleichförmig in der Ekliptik) fortbewege.[1]) — Für die Zeitdauer, in

welcher der Pol den Ekliptikpol einmal umkreist, wächst $\tau$ von 0° bis 360° und es entsteht ein Gesamtfehler gleich $22^h\ 0^m\ 34^s$ Sternzeit. — Für die Dauer eines Jahres ($Z_1 - Z = 1^a$) wird $\tau = 50'',2$ und $\alpha = 3^s,069$[2]); für die Dauer eines Tages wird $\alpha = 0^s,0084$. — Um die Zeitdauer zu finden, in welcher der Fehler der bisherigen Zählung der Sternzeit einen ganzen Sterntag ausmacht, hat man $\alpha = \cos \varepsilon . \tau = 360°$ zu setzen. Hieraus folgt $\tau = 392°,5588$. Nimmt man an, dass $\tau$ jährlich (im Mittel) um $50'',2$ wächst, so ergibt sich eine Zeitdauer von 28 150 Jahren.

Die Gründe, warum bisher die Sternzeit nach dem Frühlingspunkt fortlaufend gezählt wurde, scheinen sehr nahe zu liegen. Diese Zählung wäre richtig, wenn die Richtungen der Weltachse und der Ekliptikachse, sowie infolgedessen die Lagen des Aquators, der Ekliptik und des Frühlingspunktes unveränderlich wären, wie im ursprünglichen System des Hipparch zweifellos vorausgesetzt wurde.[3]) In diesem Fall dürfte man aber die Sternzeit auch nach irgend einem Fixstern zählen. Ein auf der Erde fest aufgestelltes und auf irgend einen Stern eingestelltes Fernrohr würde je nach einem Sterntag genau wieder auf diesen Stern eingestellt sein und zwar während beliebig langer Zeiträume. Weil nun die Rektaszension (sowie die

[1]) In Wirklichkeit, nämlich unter Berücksichtigung der wirklichen Bewegung des Poles, wird der Fehler nur annähernd der Dauer proportional sein.

[2]) Würde man während eines Jahres die Sternzeit zählen, einerseits als Stundenwinkel eines bestimmten Fixsterns, anderseits als Stundenwinkel des Frühlingspunktes, so würde sich zwischen beiden Zählungen am Ende des Jahres ein Unterschied zeigen von $3^s,069$. Im Verlaufe dieses Jahres bewegt sich nämlich der Frühlingspunkt in der Ekliptik um $50'',2$ nach Westen, von $F$ nach $F_1$. Projiziert man den Bogen $FF_1$ auf die durch $F_1$ gehende Endlage des Äquators, so entsteht darauf ein Bogen $x$, dessen ungefährer Wert nach der Formel zu berechnen ist: $\operatorname{tg} x = \cos \varepsilon \cdot \operatorname{tg} 50'',2$. Für $\varepsilon = 23°30'$ folgt $x = 46'',0364$. In Sternzeit verwandelt beträgt dieser Unterschied $46,0364 : 15 = 3^s,069$. Wird die Zeit nach dem Frühlingspunkt gezählt, so fallen die Sterntage etwas kürzer aus, als gegenüber der Zählung nach dem festen Punkt $F$, es entsteht für die Dauer eines Jahres eine um $3^s,069$ zu grosse Zahl und es fällt der Sterntag um $0^s,008385$ kürzer aus. Da der Frühlingspunkt unaufhörlich nach Westen rückt, so würden sich im Laufe längerer Zeiträume jene Unterschiede der beiden Zeitzählungen zu beliebig grossen Beträgen anhäufen. — Diese einfache Überlegung hat mich veranlasst, die richtige Messung der Sternzeit zu suchen.

[3]) Vgl. Wolf Handbuch der Mathematik, Physik, Geodäsie und Astronomie. Zürich 1872. — Seit Hipparch (150 v. Chr.) würde der oben erwähnte Fehler in der Zählung der Sternzeit ca. $1^h\ 45^m$ betragen.

Ekliptiklänge) vom Frühlingspunkte aus gezählt wurde[1]), so war es am bequemsten, die Sternzeit nach diesem Punkt, anstatt nach einem beliebigen Fixstern zu zählen. Trotzdem sich in der Folge Äquator, Ekliptik und Frühlingspunkt als veränderlich erwiesen haben, glaubte man dennoch, beiderlei Zählungen der Sternzeit beibehalten zu dürfen, nach dem Frühlingspunkt wie nach einem beliebigen Fixstern. Man scheint gegenwärtig noch allgemein der Ansicht zu sein, es geschehe die richtige Zählung der Sternzeit nach den Fixsternen, der Sterntag sei tatsächlich die Zeit zwischen zwei aufeinanderfolgenden oberen oder unteren Kulminationen desselben Fixsterns, man dürfe sie aber ohne Weiteres durch die grosse Vorteile bietende Zählung nach dem Frühlingspunkt ersetzen und es sei die Bewegung des Frühlingspunktes bei der Messung der Sternzeit zu vernachlässigen.

## IV.

## Der Zeitfehler bei täglichen Beobachtungen von Meridiandurchgängen.

Der Sterntag ist die Dauer einer vollen Umdrehung der Erde, gleich der Dauer einer vollen täglichen scheinbaren Umdrehung des Himmels und durchaus nicht gleich dem Zeitintervall zwischen zwei aufeinanderfolgenden (oberen) Kulminationen desselben Sterns oder des Frühlingspunktes in demselben Meridian. Die bisherige Bestimmung der Dauer des Sterntages durch Beobachtung desselben Sterns im Meridian ist theoretisch unrichtig, weil sie auf die Veränderlichkeit der Weltachse keine Rücksicht nimmt. Dennoch darf diese bequeme Methode der Beobachtung beibehalten werden, insofern der resultierende Fehler für den beobachteten Stern so klein ist, dass er vernachlässigt werden darf.

Vorausgesetzt, es bewege sich der Frühlingspunkt auch während kleiner Zeiträume mit konstanter Geschwindigkeit nach Westen, in einem Jahr um $50''{,}2$, so wird das tägliche Fortschreiten (im Mittel) $\frac{50''{,}2}{366} = 0''{,}137$[2]) betragen. Für die Dauer eines einzelnen Stern-

[1]) Diese Zählung muss auch in der Zukunft beibehalten werden; denn abgesehen von drei andern Punkten ist der Frühlingspunkt der einzige von der Natur ausgezeichnete Punkt des wandernden Äquators, und auch für die veränderliche Ekliptik spielt dieser Punkt dieselbe wichtige Rolle.

[2]) Im Nenner ist 366 an Stelle der Dauer des tropischen Jahres in Sterntagen gesetzt.

tages ist also $\tau = 0'',137$ zu setzen. Die Formel $\sin \frac{c}{2} = \sin \varepsilon \cdot \sin \frac{\tau}{2}$ [1]) ergibt $c = 0'',055$. **Während eines Sterntages dreht sich die Weltachse um nahezu $c = 0'',055$.** — Der sphärische Exzess des zugehörigen Segmentes $|P,P_1|$ der Polbahn wird gefunden, indem man die Formeln

$$E = 2\beta - \cos \varepsilon \cdot \tau, \quad \operatorname{tg} \beta = \cos \varepsilon \cdot \operatorname{tg} \frac{\tau}{2}$$

$\tau = 0'',137$ einsetzt. Für diesen kleinen Wert von $\tau$ ist nach der zweiten Formel sehr nahezu $2\beta = \cos \varepsilon \cdot \tau$, somit nach der ersten Formel nahezu $E = o$. Dass $E$ vernachlässigt werden darf, zeigt sich, wenn man $E$ in eine Reihe nach steigenden Potenzen von $\tau$ entwickelt,

$$5) \qquad E = \sin^2 \varepsilon \cdot \cos \varepsilon \cdot \frac{\tau^3}{12} + \sin^2 \varepsilon \cdot \cos \varepsilon \,(2 - 3 \cdot \cos^2 \varepsilon) \frac{\tau^5}{240} + \cdots,$$

und nun $\tau = 0'',137$, arc $\tau = 0{,}00000\,06641$ setzt. Es ergibt sich der sehr kleine Wert $E = 0'',00000\,00000\,00000\,73 \ldots$ .

Während eines Sterntages beschreibt der Pol $P$ auf dem bekannten Breitenparallel einen Bogen $PP_1$, dessen Grosskreissehne gleich ist $c = 0'',055$. Da der sphärische Exzess des Segmentes $|P,P_1|$ vernachlässigt werden darf, so dürfen in Fig. 5 und 6 der Breitenkreisbogen und der Grosskreisbogen je von $P$ bis $P_1$ als miteinander übereinstimmend angesehen werden. Es darf vorausgesetzt werden, **dass der Pol sich während eines Sterntages auf dem Äquinoktialkolur um $c = 0'',055$ gegen den Frühlingspunkt $F$ hinbewegt.** Indem unterdessen die Kugel um die Achse eine volle Umdrehung macht[2]), geht nach I der Grosskreis $PF$ in $P_1F$ (in sich selbst) über. Um in diesem Fall die Punkte der Kugel und die von ihrem Mittelpunkte ausgehenden Richtungen aus ihren Anfangslagen $P,A,..; OP,OA,..$ in ihre Endlagen $P_1,A_1,..; OP_1,OA_1,..$ überzuführen, genügt es, die Kugel um den auf der Ebene $POF$ senkrechten Durchmesser $UU_1$ im Sinne $PF$ um $c = 0'',055$ zu drehen. Die Pole $U$, $U_1$ dieser Drehung sind die Schnittpunkte der Anfangslage $a$ und der Endlage $a_1$ des Äquators, sie liegen in dem Solstitialkolur und können als die Solstitialpunkte des augenblicklichen Äquators bezeichnet werden.

Zunächst soll die Wirkung dieser kleinen Drehung auf die Messung der Dauer des Sterntages durch Beobachtung eines bestimmten Sternes $A$ durch eine allgemeine Formel dargestellt werden. Zur Veranschaulichung bei ihrer Herleitung dient Fig. 7. Der Nordpol

---

[1]) S. 78, Fussnote.

[2]) Es handelt sich hier um eine einmalige volle scheinbare Umdrehung der Himmelskugel.

bewegt sich während des ganzen Sterntages von $P$ um $c\,(=0'',055)$ bis $P_1$. Dementsprechend dreht sich der Äquator um denselben Winkel $c$ um seinen Durchmesser $UU_1$. Die Anfangslage $a$ des Äquators ist in Fig. unterdrückt, die Endlage $a_1$ bildet den Umrisskreis, der Punkt $F$ des Äquators rückt nach $F_1$. Die Kugel ist orthogonal auf die Ebene von $a_1$ projiziert. $P_1$ ist der höchste Punkt der Kugel, seine Projektion fällt in den Kugelmittelpunkt $O$. Bogen $PP_1$ und also Winkel $c$ sind der Deutlichkeit wegen in sehr starker Vergrösserung dargestellt. Der beliebige Punkt $A$ der Kugel gelangt durch die Drehung $UU_1,c$ nach $A_1$, wobei $AU = A_1U$ und

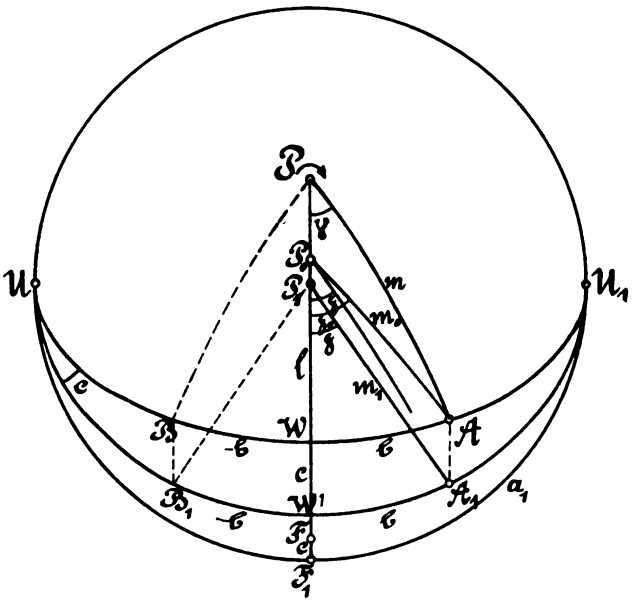



Fig. 7.

$\sphericalangle AUA_1 = c$. Der Stundenkreis $PA = m$ geht über in $P_1A_1 = m_1$; $m$ und $m_1$ bilden mit dem Kolur $PP_1FF_1$, welcher in sich selbst verschoben wird, nach derselben Seite (östlich oder westlich) denselben Winkel $FPA = F_1P_1A_1 = \gamma$.

Neben dieser Drehung um die Achse $UU_1$, welche eine Folge der täglichen Drehung der Weltachse von $OP$ nach $OP_1$ ist, vollzieht sich die Umdrehung der Kugel um die veränderliche Achse im Sinne von Ost nach West (siehe den bei $P$ angebrachten Pfeil). Während des Sterntages bewegt sich der Pol gleichförmig auf dem Grosskreisbogen von $P$ bis $P_1$, während der Meridian $PA = m$ sich gleichförmig um den fortschreitenden Pol um $360°$ bis $P_1A_1 = m_1$ dreht.

**Welches ist nun die bisherige Messung der Dauer des Sterntages und mit welchem Fehler ist sie behaftet?**

Es sei $P_0$ auf dem Grosskreis $PP_1$ von $P$ um $\lambda . c$, von $P_1$ um $(1-\lambda) \cdot c = \mu \cdot c$ entfernt. Während $P$ nach $P_0$ rückt, dreht sich der Stundenkreis $m$ um $\lambda . 360°$ in eine bestimmte Endlage $m_0$ durch $P_0$. Ist $m_0$ zu $P_0 F$ unter $\sphericalangle \gamma_0$ geneigt, so ist die von $m$ bis nach $m_0$ ausgeführte Drehung einerseits gleich $\lambda . 360°$, anderseits gleich $360-(\gamma_0-\gamma)$, es ist $\lambda . 360 = 360-(\gamma_0-\gamma)$, also $(1-\lambda)360=\gamma_0-\gamma$ oder, $(1-\lambda)=\mu$ gesetzt,

6) $$\gamma_0-\gamma = \mu . 360°.$$

Vorausgesetzt, dass nun $m_0$ durch $A$ geht, so entspricht die Dauer der Wanderung von $P$ bis $P_0$, beziehungsweise der Drehung von $m$ nach $m_0$ genau der **Dauer des Sterntages, wie sie nach der bisherigen Methode durch Beobachtung aufeinander folgender Durchgänge des Sterns $A$ „durch denselben Meridian" gemessen wurde.** Nach der eingeführten Bezeichnung ist diese Dauer gleich $\lambda . 1^d$ ($1^d = 1$ Sterntag), sie weicht von $1^d$ ab um $(1-\lambda) . 1^d = \mu . 1^d$. Diese Abweichung gleich $\mu . 1^d$ ist der gesuchte Fehler bei der bisherigen Messung des Sterntages, **der tägliche Zeitfehler $x$ des Sternes $A$.** Um die wahre Dauer des Sterntages zu erhalten, muss man ihn zu der nach bisheriger Methode gefundenen Dauer addieren. — Mit Rücksicht auf 6) ist

7) $$x = \mu \cdot 24^h = \frac{(\gamma_0-\gamma)^\circ}{360} \cdot 24^h = \frac{(\gamma_0-\gamma)^\circ}{15} \text{ Stunden Sternzeit.}$$

Um diesen Gleichungen eine bestimmte Form zu geben, drückt man die Lage des Punktes $A$ durch zwei rechtwinklige sphärische Koordinaten aus. Man ziehe den Grosskreis $UAU_1$, welcher $PF$ in $W$ schneidet und setze $P_1 W = l$, $WA = b$, so sind $l$, $b$ die Koordinaten von $A$ ($A_1$ wird die Koordinaten haben $P_1 W_1 = (l+c)$, $W_1 A_1 = b$.). Das bei $W$ rechtwinklige Dreieck $PWA$ hat die Katheten $(l+c)$ und $b$, es enthält bei $P$ den Winkel $\gamma$, so dass

$$\sin (l+c) = \operatorname{tg} b \cdot \operatorname{ctg} \gamma, \quad \operatorname{tg}\gamma = \frac{\operatorname{tg} b}{\sin (l+c)}.$$

Das Dreieck $P_0 WA$ mit $\sphericalangle W = 90°$, $WA = b$, $P_0 W = l + \mu . c$, $\sphericalangle P_0 = \gamma_0$ ergibt in derselben Weise $\operatorname{tg}\gamma_0 = \frac{\operatorname{tg} b}{\sin (l+\mu \cdot c)}$. Es folgt

$$\operatorname{tg}(\gamma_0-\gamma) = \operatorname{tg} b \; \frac{\sin (l+c) - \sin (l+\mu c)}{\operatorname{tg}^2 b + \sin (l+c) \sin (l+\mu c)}$$

und damit nach 6) für $\mu (= 1-\lambda)$ die Gleichung

8) $$\operatorname{tg} b \; \frac{\sin (l+c) - \sin (l+\mu c)}{\operatorname{tg}^2 b + \sin (l+c) \sin (l+\mu c)} = \operatorname{tg} (360 \cdot \mu).$$

Die Bewegung des Poles $P$ im Grosskreise $PF$, sowie die Drehung des Stundenkreises $m$ um $P$ kann man unaufhörlich fortgesetzt denken. Dann wird $m$ unendlich oft durch den festen Punkt $A$ hindurch gehen. Dementsprechend hat die Gleichung 8) unendlich viele reelle Wurzeln, eine derselben ist $\mu = 1\,(\lambda = 0)$, weil in der Anfangslage $m$ durch $A$ geht. Da nun $\mu$ mit wachsendem $\lambda$ abnimmt, so ist in 8) für $\mu$ die erste Wurzel zu wählen, welche kleiner ist als $+1$. Je nachdem sie positiv oder negativ, ist nach 7) der Zeitfehler $x$ positiv oder negativ. Es folgt hieraus, dass die bisherige Beobachtungsweise zu kurze oder zu lange Sterntage liefert.

Die Sonderfälle lassen sich ohne Zuhilfenahme der Formeln überblicken. Nach Abschnitt I wird der Zeitfehler gleich Null, wenn $A$ nach $U$ oder $U_1$ fällt, oder in die Verlängerung des Grosskreisbogens $PP_1$. Der Zeitfehler muss unbestimmt werden, wenn $A$ sich bei $P$ oder $P_1$ befindet, also zu Beginn oder am Ende des Sterntages auf allen Stundenkreisen zugleich liegt. Ist $A$ im Grosskreisbogen zwischen $P$ und $P_1$ gelegen, so wird $P$ bei seiner Wanderung nach $P_1$ über $A$ hinwegschreiten, wobei sich der Stundenkreis $PA$ in der Zeit 0 um 180° dreht, was einen Zeitfehler von $\pm\ 12^h$ hervorruft.

Grosse Zeitfehler, die nicht vernachlässigt werden dürfen, treten ohne Zweifel nur auf bei Sternen, die dem Pol nahe liegen. Solche Sterne wird man bei den Zeit- und Ortsbestimmungen vermeiden; im übrigen lassen sich ihre täglichen Zeitfehler durch Beobachtung mit Meridianinstrument und Uhr finden. Trotzdem soll nachfolgend eine Näherungsformel für die rasche Berechnung der Zeitfehler hergeleitet und für die äquatorialen Sterne angewendet werden.

Liegt $A$ in einer Entfernung von $P$, die wenigstens einige Grade beträgt, so wird $(\gamma_0 - \gamma)$, Fig. 7, ein kleiner Winkel sein. Infolgedessen liegt $P_0$ sehr nahe bei $P_1$, und zwar zwischen $P$ und $P_1$, wie in Fig. für $A$, oder ausserhalb $PP_1$, wie z. B. für $B$ $(l_1, -b)$. Nebenbei bemerkt, liegt $A$ östlich, $B$ westlich in bezug auf den Äquinoktialkolur. Indem man nun $P_0$ mit $P_1$ zusammenfallen lässt, berechnet man den Zeitfehler $x$ als den in Zeit zu verwandelnden Winkel $AP_1A_1$. Die gesuchte Formel ergiebt sich aus

$$\operatorname{tg}(\gamma_0 - \gamma) = \operatorname{tg} b - \frac{\sin(l+c) - \sin(l+\mu c)}{\operatorname{tg}^2 b + \sin(l+c)\sin(l+\mu c)},$$

S. 85, wenn darin $\mu = 0$ gesetzt wird. Sie lautet somit

$$9) \qquad \operatorname{tg} x = \operatorname{tg} b \, \frac{\sin(l+c) - \sin l}{\operatorname{tg}^2 b + \sin(l+c)\sin l} = 2 \operatorname{tg} b \cdot \frac{\cos\left(l + \frac{c}{2}\right) \cdot \sin\frac{c}{2}}{\operatorname{tg}^2 b + \sin l \sin(l+c)}.$$

Für einen Stern im Äquator ist $PW = P_1 W_1 = 90°$ zu setzen, $l + c = 90°$, $l = 90 - c$. Es folgt $\operatorname{tg} x = \operatorname{tg} b \frac{1 - \cos c}{\operatorname{tg}^2 b + \cos c} = \frac{2 \operatorname{tg} b \cdot \sin^2 \frac{c}{2}}{\operatorname{tg}^2 b + \cos c}$.

Nun ist $c = 0'',055$ so klein, dass im Nenner $\cos c = 1$, im Zähler $\sin \frac{c}{2} = \frac{c}{2} (= \text{arc } \frac{c}{2})$ gesetzt werden darf. Es wird annähernd

$$10) \qquad \operatorname{tg} x = \frac{c^2}{4} \cdot \sin 2\, b.$$

Für $\sin 2\, b = 0$ folgt zutreffenderweise $x = 0$. Die grössten und kleinsten Werte von $x$ ergeben sich für $\sin 2\, b = \pm 1$ ($b = 45°, 135°, \ldots$), nach der Formel

$$11) \qquad \operatorname{tg} x = \pm \frac{c^2}{4},$$

nämlich $x = \pm\, 0'',00000\,00036\,664$, oder also in Sternzeit

$$x = \pm\, 0^s,00000\,00002\,442.$$

Es folgt hieraus, dass Sterne in der Nähe des Äquators ausserordentlich kleine Zeitfehler liefern; die Wirkung der täglichen Drehung der Weltachse darf bei ihnen vernachlässigt werden. Zeit- und Rektaszensionsdifferenzen, welche durch tägliche Beobachtungen der Meridiandurchgänge äquatorialer Sterne gewonnen sind, bedürfen keiner Korrektion.

Im Anschluss an die eben besprochene einmalige scheinbare tägliche Umdrehung der Himmelskugel mögen ergänzungsweise noch die folgenden Bemerkungen beigefügt werden. Man stelle sich die Bewegung vor, wie sie in Wirklichkeit, anstatt scheinbar, vor sich geht. Es sei $O$ der ruhend gedachte Mittelpunkt der Erde wie der Himmelskugel. Die Richtung von $O$ nach irgend einem Stern $A$ ist unveränderlich. Während eines Sterntages macht die Erde eine volle Umdrehung um ihre Achse $OP$ und es geht gleichzeitig die Achse in die neue Lage $OP_1$ über. Diese zwei Drehungen darf man auch nacheinander ausgeführt denken, etwa erst die volle Umdrehung um $OP$ als feste Achse und darauf die Drehung $POP_1$ um die Achse $UU_1$ und um den Winkel $c (= 0'',055)$. Die Achse $UOU_1$ ist der auf der Ebene $POP_1$ senkrechte Durchmesser des Erdäquators, auf dessen Verlängerung die Solstitialpunkte des Himmelsäquators liegen. — Diese wirklichen Bewegungen der Erde[1]) und die beiden entsprechenden scheinbaren Bewegungen des Himmels vergleichend, ist zu bemerken, dass die Drehungen um die Achse $OP$ (Erdachse, Welt-

[1]) Diese Bewegungen lassen sich ohne weiteres auf die Himmelskugel übertragen dadurch, dass man die in doppelter Bewegung befindlichen Erdmeridiane aus dem Punkte $O$ auf die Himmelskugel projiziert.

achse) im entgegengesetzten Sinne geschehen, dass dagegen die Drehungen ($UU_1$, $c$) infolge der Identität der Weltachse mit der Erdachse völlig übereinstimmen. — Ein auf der Erde fest aufgestelltes Fernrohr, das zu Beginn eines Sterntages auf einen Stern $A$ eingestellt ist, wird am Ende dieses Tages nicht wieder nach $A$, sondern nach dem oben genannten Punkt $A_1$ zeigen, weil die Achse des Fernrohrs die tägliche Drehung der Erde mitmacht. Der Winkel $AOA_1$ ist kleiner als $c = 0'',055$. Die grösste Änderung der Richtung der Fernrohrachse in $1^d$ ist $c = \sphericalangle POP_1$; sie tritt ein, wenn das Fernrohr auf irgend einen Punkt des Äquinoktialkolurs eingestellt wurde.

## V.

## Tropisches, siderisches und platonisches Jahr.

Das tropische Jahr ist die Dauer zwischen zwei aufeinanderfolgenden aufsteigenden Durchgängen des Sonnenmittelpunktes durch den Äquator. Zur Zeit dieses Durchganges, des Frühlingsäquinoktiums, steht die Erdachse senkrecht auf dem Radiusvektor von der Erde nach der Sonne.[1])

Das siderische Jahr kann ohne weiteres in jedem beliebigen Augenblick beginnen. Nicht genau zutreffend ist die bisherige Definition als die Zeit, welche verstreicht, bis die Sonne genau wieder denselben Platz unter den Sternen einnimmt. — Die Beobachtung der Sonne zeigt, dass sie sich gegenüber den Sternen von West nach Ost bewegt. Umgekehrt scheint sich die Himmelskugel in bezug auf die festgedachte Sonne von Ost nach West umzudrehen. Diese Umdrehung wird als die scheinbare jährliche Umdrehung des Himmels bezeichnet. Weil die scheinbare Bahn des Sonnenmittelpunktes (vom Erdmittelpunkte aus gesehen), die wahre Ekliptik, bei dieser Umdrehung fortwährend in sich selbst verschoben wird, so muss die Umdrehungsachse die Ekliptikachse $r$ sein und es sind die Pole dieser Umdrehung die Ekliptikpole (Nordpol $R$, Südpol $S$). Das siderische Jahr ist die Dauer einer vollen scheinbaren Umdrehung der Himmelskugel um die Ekliptikachse, in bezug auf die Sonne. Wäre die Richtung der Ekliptikachse $r$

[1]) Man könnte das tropische Jahr in jedem Augenblick beginnen lassen, wenn die Bewegungen der wahren Ekliptik und namentlich des Frühlingspunktes genau bekannt wären. Innerhalb eines tropischen Jahres müsste die Ekliptiklänge der Sonne in sich selbst übergehen.

unveränderlich, so würde nach jeder vollen Umdrehung jeder Radius der Himmelskugel in sich selbst übergehen, somit die Sonne nach Verlauf des Jahres wieder dieselbe Lage zu den Sternen haben.

Die Veränderlichkeit der Ekliptik wird in folgender Weise dargestellt. Man führt eine feste Ekliptik ein, diejenige einer bestimmten Epoche. Hierauf bezeichnet man die Schiefe der wahren Ekliptik zu der festen mit $\pi$, die Länge des aufsteigenden Knotens der wahren in der festen Ekliptik mit $\Pi$ und drückt $\pi$, $\Pi$ als Funktionen der seit der Epoche verstrichenen Zeit $t$ (in Jahren) aus. Oppolzer gibt für die Epoche 1850,0 die Werte an

$$\pi = 0'',4950 \,.\, t - 0'',00000\,325 \,.\, t^2, \quad \Pi = 173^\circ 0' 12'' - 8'' 683 \,.\, t^2.$$

Auf Grund dieser Angaben folgt, dass der Ekliptikpol $R$ gegenwärtig annähernd einen Kreis beschreibt vom Radius $1^\circ 38'$ [1]). Die Bewegung auf demselben geschieht von Ost nach West, jährlich um rund $d = 0'',5$. Wird bei der Messung des einzelnen siderischen Jahres auf diese Drehung der Ekliptikachse keine Rücksicht genommen, so wird das Resultat mit einem jährlichen Zeitfehler $y$ behaftet sein.

Da die jährliche Drehung der Ekliptik sehr klein ist, so stimmt die Berechnung von $y$ mit der im vorigen Abschnitte behandelten des täglichen Zeitfehlers $x$, für einen Stern des Äquators, überein. Die grössten und kleinsten Werte des jährlichen Zeitfehlers sind durch die Näherungsformel zu berechnen $\operatorname{tg} y = \pm \frac{d^2}{4}$; sie geht aus 11), S. 87 hervor, wenn $x$ durch $y$, $c$ durch $d$ ersetzt wird. Für $d = 0'',5$ folgt $y = \pm 0'',00000\,0303$. Da die Sonne in der Ekliptik ungefähr eine Bogensekunde in 24 Zeitsekunden zurücklegt, so sind Maximum und Minimum des jährlichen Zeitfehlers $y = \pm 0^s,00000\,727$. Diese Näherungswerte sind so klein, dass der nach bisheriger Methode für das einzelne siderische Jahr gefundene Wert bezüglich der jährlichen Änderung der Ekliptik nicht korrigiert zu werden braucht.[2])

Der Vollständigkeit wegen mag an dieser Stelle auch das platonische Jahr kurz besprochen werden. — Die Ekliptik $e$ und der Äquator $a$, sowie ihre mit $r$ und $p$ bezeichneten Achsen und deren Nordpole $R$, $P$ sind veränderlich. In jedem Augenblick ist der

[1]) Der durch diesen Kreis begrenzte Kugelabschnitt hat einen sphärischen Exzess von nur $8'46''$.

[2]) Ein analoges Resultat ist zu gewärtigen für die Messung einer einzelnen siderischen Umlaufszeit des Mondes oder eines Planeten nach bisheriger Methode. — Handelt es sich um die Dauer einer grösseren Anzahl siderischer Jahre, so entsteht ein „Zeitfehler", bei dessen Berechnung der Exzess des Weges des Ekliptikpols zu berücksichtigen ist.

Frühlingspunkt $F$ der eine der beiden Schnittpunkte der momentanen Ekliptik mit dem momentanen Äquator. Indem der Frühlingspunkt sich fortwährend nach Westen bewegt, überstreicht der Äquator eine Zone des Himmels, welche sich um etwas mehr als $23^1/_2{}^\circ$ nördlich und südlich der Ekliptik erstreckt und es umkreist der Pol $P$ den Ekliptikpol $R$. Aus der Bewegung des Frühlingspunktes (und des Äquators) lässt sich eine scheinbare Umdrehung des Himmels herleiten, nämlich in bezug auf den festgedachten Frühlingspunkt, somit im Sinne von West nach Ost. Bei dieser Drehung muss in jedem Moment die Bahn des Frühlingspunktes, die momentane Ekliptik, in sich selbst übergehen; die scheinbare Bewegung ist somit eine Umdrehung der Himmelskugel um die Ekliptikachse. Die Dauer einer vollen Umdrehung ist das platonische Jahr. — Sind bezüglich eines solchen Jahres $e$, $R$, $F$ die Anfangslagen, $e'$, $R'$, $F'$ die Endlagen der Ekliptik, ihres Nordpols und des Frühlingspunktes, $E$ der Exzess des Abschnittes $|R, R'|$ der Bahn des Ekliptikpols, so lässt sich die gegenseitige Lage von $F$ in $e$ und von $F'$ in $e'$ in folgender Weise bezeichnen.[1]) Der Breitenkreis $RF$ bilde mit dem Grosskreisbogen $RR'$ den (im Sinne von West nach Ost gemessenen) Winkel $\alpha$. Die Fortsetzung des Bogens $RR'$ über $R'$ hinaus drehe man um den Punkt $R'$ um die algebraische Summe der Winkel $\alpha$ und $E$, so entsteht der Breitenkreis $R'F'$. Auf ihm liegt $F'$ von $R'$ um $90^\circ$ entfernt. — Der Punkt $F$ ist während des platonischen Jahres auf der veränderlichen Ekliptik bis $F'$ gewandert, er verliess $F$ in der Richtung von $e$ (westlich) und trifft bei $F'$ in der Richtung von $e'$ (von Osten her) ein. Der hierbei von $F$ zurückgelegte Weg ist genau gleich $360^\circ$ (S. 71).

## VI.

## Wahrer Sonnentag. Das Verhältnis der mittleren Zeit zu der Sternzeit.

Zweifellos ist der wahre Sonnentag zu definieren als die Dauer einer einzelnen „täglichen" Umdrehung des Himmels in bezug auf die Sonne. Mit Rücksicht auf den zweiten Teil dieses Abschnittes soll dieser Vorgang zunächst näher beschrieben werden (Fig. 8). Bei Beginn des betreffenden Sonnentages seien $P$, $a$ die Lagen des Pols und Äquators und es befinde sich die Sonne bei dem Punkte $S$ der Ekliptik $e$, auf dem Stundenkreise $PS$, welcher

[1]) Vgl. die durch Fig. 5 veranschaulichte Auseinandersetzung, S. 74--75.

den Äquator in $A$ schneidet. $F$ ist die Lage des Frühlingspunktes und $\sphericalangle FPS = \alpha$ die Rektaszension des Stundenkreises $PSA$. — Während des Sonnentages rückt der Pol $P$ auf dem Kolur $PF$ des Frühlingspunktes bis nach einem Punkte $P_1$. Die Weltachse dreht sich während dieses Tages um den Winkel $POP_1 = c$. Dementsprechend dreht sich der Äquator um den auf der Ebene $POF_1$ senkrechten Durchmesser $UU_1$ um den Winkel $c$ bis nach $a_1$. Der Punkt $A$ des Äquators beschreibt den mit dem Grosskreise $PF$ parallelen Kleinkreisbogen $AA_1$, wobei $AU = A_1U = 90-\alpha$. Durch die Drehung $POP_1$ oder $UU_1$, $c$ der Kugel wird der Stundenkreis $PA$ in $P_1A_1$ übergeführt, wobei $\sphericalangle FP_1A_1 = \alpha$. — Die Ekliptik dreht sich während

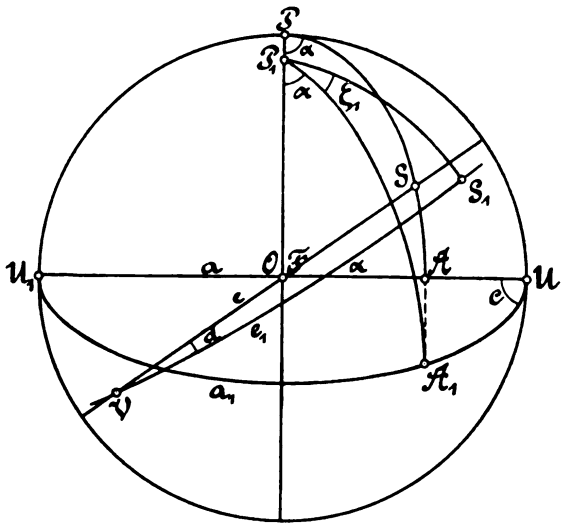



Fig. 8.

des Sonnentages um einen ihrer Durchmesser $VV_1$ um einen sehr kleinen Winkel $d$ und die Endlage $e_1$. — Die Sonne gelangt während des Tages von $S$ auf $e$ nach $S_1$ auf $e_1$, wobei $S_1$ auf dem Stundenkreis $P_1S_1$ gelegen ist, welcher mit $P_1A_1$ den Winkel $A_1P_1S_1 = \zeta_1$ bildet. — Da ein wahrer Sonnentag von einem Sterntag nur wenig verschieden ist, so sind annähernd

$$c = 0'',055 \text{ (S. 83)}, \quad d = \frac{0'',5}{365,..} = 0'',00137. \text{ (S. 89)}$$

Um die Bedeutung des Winkels $\zeta_1$ zu erfahren, stelle man sich nicht die scheinbare, sondern die wirkliche tägliche Bewegung vor. Die Himmelskugel hat man sich als fest zu denken, die Punkte $S$ und $S_1$ als zwei Fixpunkte. Der Stundenkreis $PSA$ sei die Projektion des Erdmeridians eines Beobachters auf die Himmelskugel.

Für diesen Beobachter geht zu Beginn des Sonnentages die Sonne durch den Meridian.[1]) Während sich nun die Sonne (vom Erdmittelpunkt aus gesehen) von $S$ nach $S_1$ bewegt, dreht sich der Stundenkreis $PS$ um den bis $P_1$ vorrückenden Pol von West nach Ost bis in die Endlage $P_1S_1$. Er eilt erst der langsamer nach Osten vorrückenden Sonne voraus und erreicht die Sonne wieder, indem er in die Lage $P_1S_1$ gelangt. Hätte der Stundenkreis $PS$ während dieser Zeit eine volle Umdrehung um den veränderlichen Pol ausgeführt, so wäre $P_1A_1$ seine Endlage. Tatsächlich gelangt nun der Stundenkreis in die Endlage $P_1S_1$, welcher um $\sphericalangle \zeta_1$ östlich von $P_1A_1$ liegt. Somit haben sich während dieses wahren Sonnentages der Meridian des Beobachters und damit die Erde um den Winkel $360° + \zeta_1$ gedreht. Die Dauer dieser Drehung beträgt $(24^h + \zeta_1)$ Sternzeit, der wahre Sonnentag ist um $\zeta_1$ in Sternzeit ausgedrückt länger als ein Sterntag.

Es verdient hervorgehoben zu werden, dass man nach dem Vorigen die genaue Dauer des wahren Sonnentages findet durch die bisherige Beobachtungsweise aufeinanderfolgender Meriandurchgänge des Sonnenmittelpunktes mit Hilfe von Mittagsrohr und Uhr.

In der Mehrzahl der Werke astronomischen Inhaltes wird das Verhältnis der mittleren Zeit zu der Sternzeit auf Grund des Satzes berechnet: Das mittlere siderische Jahr zählt einen Sterntag mehr als mittlere Sonnentage. Hierbei ist auffallend, dass die vorgeführten Beweise dieses an sich sehr einfachen Satzes keineswegs überzeugend sind und teilweise bedenkliche Fehler aufweisen. Wislicenus ersetzt hierbei das siderische Jahr durch das tropische, offenbar in der wohlgemeinten Absicht, eine bessere Übereinstimmung der betreffenden, gegenwärtig gebräuchlichen Zahlenwerte zu erzielen.

Nachfolgend soll gezeigt werden, dass der erwähnte Satz tatsächlich nicht besteht, nämlich infolge der Veränderlichkeit von Weltachse und Ekliptikachse; er würde gelten, wenn diese Achsen unveränderliche Richtungen hätten. Die Änderungen beider Achsen während eines siderischen Jahres sind verhältnismässig klein, weshalb die $n$ wahren Sonnentage jedes siderischen Jahres

[1]) Für ein Gestirn von veränderlicher Deklination sind Meridiandurchgang und Kulmination voneinander zu unterscheiden. Für einen Beobachter in hoher geographischer Breite kann (beispielsweise für die Sonne) der Unterschied beträchtlich werden.

**nahezu** $(n+1)$ **Sterntage ausmachen. Nachfolgend wird der Überschuss der** $n$ **mittleren Sonnentage des mittleren siderischen Jahres über** $(n+1)$ **Sterntage zu schätzen versucht. Das genaue Verhältnis der mittleren Zeit zu der Sternzeit scheint auf diesem Wege überhaupt nicht bestimmbar zu sein.**

**Während eines siderischen Jahres dreht sich die Weltachse aus der Anfangslage** $OP$ **in die Endlage** $OP'$ **um rund 20″. Indem man in 5)** $\tau = 50'',2$ **setzt, was auch für das siderische Jahr nahezu zutrifft, folgt** $E = 0'',00000\,00361$. **Dieser Exzess des Segmentes** $|P, P_1|$ **der Polbahn ist zu vernachlässigen. Man darf voraussetzen, es bewege sich während des Jahres der Pol auf einem Grosskreis, dem Kolur**

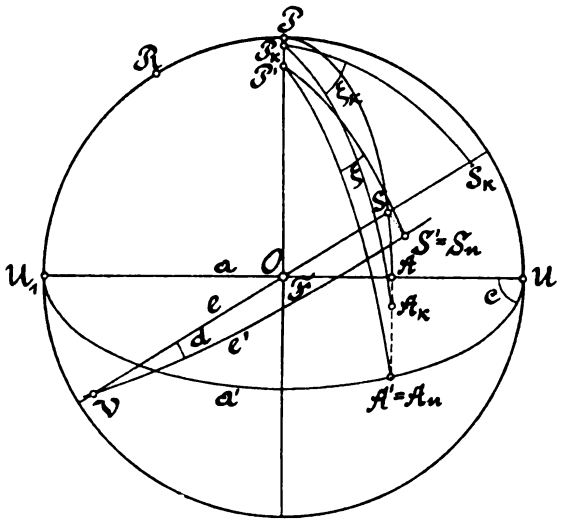



Fig. 9.

des Frühlingspunktes $F$, nach $P'$ und es drehe sich der Äquator um den auf der Ebene $POF$ senkrechten Durchmesser $UU_1$ um den Winkel $c = 20''$ in die Endlage $a'$ (Fig. 9). — Der Ekliptikpol $R$ bewegt sich während desselben Zeitraumes um ungefähr $d = 0'',5$ in eine Endlage $R'$ und es dreht sich die Ekliptik $e$ um einen gewissen Durchmesser $VV_1$ um $d = 0'',5$ nach $e'$. — Während des Jahres durchläuft die Sonne die gesamte Ekliptik, sie bewegt sich von $S$ auf $e$ bis nach $S'$ auf $e'$, wobei $VS = VS'$ und $\sphericalangle SVS' = d$. Der Stundenkreis $PS$ treffe den Äquator $a$ im Punkte $A$, welcher während des Jahres in $A'$ auf $a'$ übergeht, wobei $UA = UA'$ und $\sphericalangle AUA' = c$.

Das siderische Jahr wird nunmehr in seine einzelnen wahren Sonnentage von der Anzahl $n$ zerlegt. Nach Verlauf des 1., 2., .. dieser Tage gelangt der Äquator in die Zwischenlagen $a_1$, $a_2$, ..

zwischen $a$ und $a_n = a'$, sämtlich durch $U$ und $U_1$ gehend, die Ekliptik desgleichen in die Zwischenlagen $e_1$, $e_2$, .. bis $e_n = e'$, durch $V$ und $V_1$ gehend. Der Punkt $A$ bewegt sich auf dem Kleinkreisbogen $AA'$ nach $A_1$, $A_2$, .., $A_n = A'$ (auf $a_1$, $a_2$, .. liegend). Der Pol $P$ gelangt nach den Punkten $P_1$, $P_2$, .., $P_n = P'$ des Kolurs $PF$, endlich der Punkt $S$ nach $S_1$ auf $e_1$, $S_2$ auf $e_2$, .., $S_n = S'$ auf $e'$.[1])

Oben (S. 92) ist gezeigt worden, dass während des ersten dieser $n$ wahren Sonnentage die Erde sich um ihre Achse um $360° + \sphericalangle AP_1S_1 = 360° + \zeta_1$ dreht und dass die Dauer dieses Sonnentages gleich ist $(24^h + \zeta_1)$ Sternzeit. In analoger Weise schliesst man, dass allgemein während der ersten $k$ dieser wahren Sonnentage die Erde sich um $k \cdot 360° + \sphericalangle A_kP_kS_k = k \cdot 360° + \zeta_k$ dreht (Figur 9). Die Dauer dieser Drehung ist aber gleich $(k \cdot 24^h + \zeta_k)$ Sternzeit. — Man lässt nun $k$ in $n$ übergehen. Liegt dann, wie es in Fig. 9 der Fall ist, $S'$ östlich von $P'A' = P_nA_n$, so wird $\zeta_n = 360° + \sphericalangle A'P'S' = 360° + \zeta$. Die Dauer der $n$ wahren Sonnentage in Sternzeit ist somit gleich $(n + 1) \cdot 24^h + \zeta$. Daraus folgt: das einzelne siderische Jahr enthält nicht genau einen Sterntag mehr als wahre Sonnentage. Der Überschuss $\zeta$ der Summe der $n$ wahren Sonnentage über $(n+1)$ Sterntage ist zweifellos eine Folge der Veränderlichkeit von Weltachse und Ekliptikachse. In der Tat werden für $c = 0$ und $d = 0$ die Punkte $P'$, $S'$, $A'$ nach $P$, $S$, $A$ fallen, wodurch $\zeta = 0$ wird.[2]) — Da während des Jahres die beiden Achsen sich um verhältnismässig kleine Winkel $c$, $d$ drehen, so muss der absolute Wert des Überschusses $\zeta$ unter allen Umständen klein sein. — Es folgt nun eine Schätzung des mittleren Wertes von $\zeta$ auf Grund näherungsweiser Berechnung der drei Bestandteile von $\zeta$, nämlich $\sphericalangle A'P'A = u$, $\sphericalangle AP'S = v$, $\sphericalangle SP'S' = w$, $(\zeta = u + v + w$; offenbar sind diese Bestandteile $u$, $v$, $w$ abhängig von der Anfangslage $S$ der Sonne in der Ekliptik, und von den Drehungen des Äquators wie der Ekliptik während des Jahres).

Die Berechnung von $u$ und $v$ wird durch Fig. 10, einer Detailfigur zu der vorigen, veranschaulicht. Die Veränderung der Ekliptik kommt hier nicht in Betracht. Man bezeichnet wieder $\sphericalangle FPA = \sphericalangle FP'A'$ durch $\alpha$, $\sphericalangle FP'A$ durch $\beta$, so ist $u = \beta - \alpha$. Da $PP' = c$, somit

---

[1]) Die Punkte $S$, $S_1$, $S_2$, .., $S_n$ liegen auf einer zwischen $e$ und $e'$ verlaufenden Kurve.

[2]) Wären Welt- und Ekliptikachse fest, so hätte jedes siderische Jahr einen Sterntag mehr als wahre Sonnentage. Der direkte Beweis ist in dem Vorigen enthalten; in Fig. 9 sind $a$ und $e$ fest, es fallen $a'$ mit $a$, $A' = A_n$ mit $A$, $e'$ mit $e$ und $S' = S_n$ mit $S$ zusammen, womit $\zeta = 0$ wird. — Würden, bei festbleibenden Achsenrichtungen, Rotation und Revolution eines Planeten entgegengesetzten Sinn haben, so hätte das siderische Jahr dieses Planeten einen Sterntag weniger als wahre Sonnentage.

$P'F = 90 - c$, so folgt aus dem bei $F$ rechtwinkligen Dreieck $P'FA$ $\sin(90-c) = \operatorname{tg}\alpha \,.\, \operatorname{ctg}\beta$, und daraus $\operatorname{tg}\beta = \frac{\operatorname{tg}\alpha}{\cos c}$. Da $u = \beta - \alpha$, so wird

12) $$\operatorname{tg} u = \frac{(1-\cos c)\operatorname{tg}\alpha}{\cos c + \operatorname{tg}^2\alpha} = \frac{\sin\alpha\cos\alpha(1-\cos c)}{\cos^2\alpha\cos c + \sin^2\alpha}.$$

Nach dieser Formel gehören zu entgegengesetzten Werten von $\operatorname{tg}\alpha$ entgegengesetzte Werte von $\operatorname{tg} u$. Die maximalen Werte von $u$ ergeben sich annähernd für $\operatorname{tg}\alpha = +\sqrt{\cos c}$, $\alpha = 45°$, $225°$, nämlich $u = +0'',00048$. Die minimalen Werte von $u$ sind alsdann annähernd

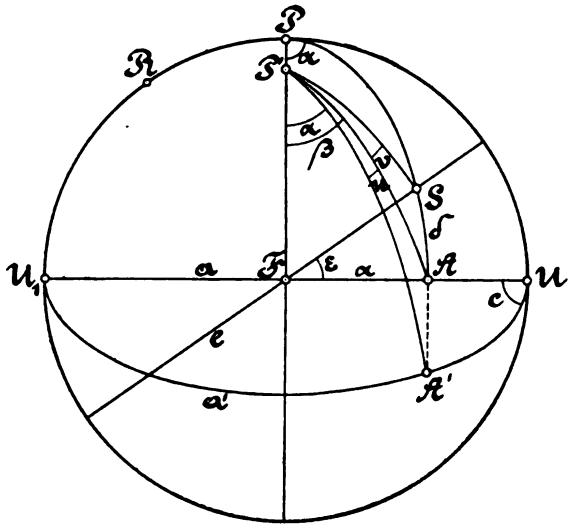


Fig. 10.

gleich $-0'',00048$ (für $\operatorname{tg}\alpha = -\sqrt{\cos c}$, $\alpha = 135°$, $315°$). Der Winkel $u$ schwankt nahezu zwischen $\pm 0''00048$.[1])

Fig. 10 zeigt ferner $\sphericalangle AP'S = v$. Man bezeichne $AS$ mit $\delta$, so dass nunmehr $\alpha$, $\delta$ die Rektaszension und die Deklination des Punktes $S$ sind (beim Beginn des siderischen Jahres). Das Dreieck $P'PS$ hat die Seiten $P'P = c$, $SP = 90 - \delta$, den eingeschlossenen Winkel $\alpha$, weshalb $\cos P'S = \cos c \sin\delta + \sin c \cos\delta \cos\alpha$. Das Dreieck $PP'A$ mit $PA = 90°$ liefert $\cos P'A = \sin c \cos\alpha$. Aus dem Dreieck $AP'S$ folgt $\cos v = \frac{\cos\delta - \cos P'A \cdot \cos P'S}{\sin P'A \cdot \sin P'S}$. Setzt man $\sphericalangle P'AS = \chi$, so ist aus

[1]) Der absolute Wert des Maximums und Minimums von $u$ lässt sich vergleichen mit demjenigen des täglichen Zeitfehlers $x$ für einen Stern des Äquators (S. 87). Dort war $c = 0'',055$, hier $c = 20''$, nahezu das 366-fache des vorigen Wertes. Somit muss hier der absolute Wert ($0'',00048$) ungefähr das $366^2$-fache des früheren (0,000000036 66) betragen.

dem Dreieck $PP'A$ $\sin\chi = \frac{\sin\alpha\sin c}{\sin P'A}$ und aus Dreieck $P'SA$ folgt $\sin\chi = \frac{\sin v\cdot\sin\delta}{\sin P'S}$. Die zwei letzten Formeln ergeben $\sin v = \frac{\sin\alpha\sin c\sin\delta}{\sin P'A\sin P'S}$.

Aus den Formeln für $\sin v$, $\cos v$ folgt alsdann

$$\operatorname{tg} v = \frac{\sin\alpha\sin c\sin\delta}{\cos\delta - \cos P'A\cdot\cos P'S} = \frac{\sin\alpha\sin c\sin\delta}{\cos\delta - \cos\alpha\sin c\,(\cos c\sin\delta + \sin c\cos\delta\cos\alpha)}$$

$$= \frac{\sin\alpha\sin c\operatorname{tg}\delta}{1-\cos^2\alpha\sin^2 c - \cos\alpha\sin c\cos c\operatorname{tg}\delta}$$

Das bei $A$ rechtwinklige Dreieck $FAS$ mit $\sphericalangle AFS = \varepsilon$ (Schiefe der Ekliptik) liefert $\operatorname{tg}\delta = \sin\alpha\cdot\operatorname{tg}\varepsilon$; damit wird

$$\operatorname{tg} v = \frac{\sin^2\alpha\sin c\operatorname{tg}\varepsilon}{1-\cos^2\alpha\sin^2 c - \sin\alpha\cos\alpha\sin c\cos c\operatorname{tg}\varepsilon}$$

und nach leichter Umformung

$$13)\qquad \operatorname{tg} v = \sin c\operatorname{tg}\varepsilon\,\frac{\operatorname{tg}^2\alpha}{\operatorname{tg}^2\alpha - \sin c\cos c\operatorname{tg}\alpha + \cos^2 c}$$

Betrachtet man hier $c\,(=20'')$, $\varepsilon\,(=23°30')$ als konstant, so ist $v$ eine Funktion der Rektaszension $\alpha$ des Punktes $S$. Nach dieser Formel schwankt $v$ zwischen $0''$ (für $\operatorname{tg}\alpha = 0$) und $8'',6963$ (für $\operatorname{tg}\alpha = \frac{2}{\operatorname{tg} c\,.\,\operatorname{tg}\varepsilon}$; $\alpha = 89°59'56'',269°59'56''$). Der Winkel $v$ ist stets positiv, er schwankt zwischen $0''$ und $8'',7$.

Um nun das Verhalten der Summe $(u+v)$ zu beurteilen, ist Folgendes zu beachten. Es schwankt $u$ zwischen $\pm\,0'',0005$, $v$ zwischen $0''$ und $8'',7$. Für $\alpha = 0$ verschwinden $u$ und $v$. Die Stellen des Maximums und Minimums von $v$ fallen in die Nähe der Nullstellen von $u$. Endlich wechselt $u$ mit $\alpha$ das Vorzeichen. Daraus folgt, dass die Summe $(u+v)$ zwischen einem nahe bei 0 liegenden negativen Wert (ungefähr $-0'',00000005$) und $+8''7$ schwankt.

Der dritte Bestandteil des Winkels $\zeta$ ist $\sphericalangle SP'S' = w$. Die Herleitung einer Näherungsformel für $\operatorname{tg} w$ wird durch Fig. 11 veranschaulicht. Während des siderischen Jahres dreht sich die Ekliptik $e$ um den kleinen Winkel $d\,(=0'',5)$ um einen ihrer Durchmesser $VV_1$ in die Lage $e'$. Der Punkt $S$ auf $e$ gelangt hierbei nach $S'$ auf $e'$, wobei $VS = VS'$. Man setze $\sphericalangle VRS = \lambda$, so ist $\lambda$ die Masszahl der Bogen $VS$ und $VS'$. Die Endlage $P'$ des Pols befinde sich auf dem Breitenkreise $RP'$, welcher mit $RS$ den Winkel $l$ bilden soll. Die Entfernung zwischen Pol $P'$ und Ekliptikpol $R$ ist gleich $\varepsilon$ zu setzen. Um eine einfache Näherungsformel zu erhalten, setze man voraus, es bilde der Grosskreisbogen von $S$ bis $S'$ die Fortsetzung des Breitenkreises $RS$, was sehr nahezu der Fall sein muss. Die Länge dieses Grosskreisbogens $SS'$ ist mit $\varphi$ bezeichnet. Die drei

Punkte $P'$, $S$, $S'$ bilden ein sphärisches Dreieck, dessen Seiten vorerst berechnet werden. Das Dreieck $P'RS$ mit $RS = 90°$ ergiebt $\cos P'S = \sin\varepsilon . \cos l$. $P'S'$ berechnet man aus dem Dreieck $P'RS'$ mit $RS' = 90 + \varphi$, es folgt $\cos P'S' = -\sin\varphi \cos\varepsilon + \cos\varphi \sin\varepsilon \cos l$. Die dritte Seite $\varphi$ erscheint nun als Kathete des bei $S$ rechtwinkligen Dreiecks $SVS'$ mit $VS = \lambda$, $\sphericalangle V = d$; somit ist $\operatorname{tg}\varphi = \operatorname{tg} d . \sin\lambda$. Nachdem nun die drei Seiten des Dreiecks $P'SS'$ berechnet sind, folgt aus dem Cosinussatz $\cos w = \dfrac{\cos\varphi - \cos P'S \cos P'S'}{\sin P'S . \sin P'S'}$.

Nun berechne man den Hilfswinkel $RSP' = \psi$. Aus dem Dreieck $RSP'$ ist nach dem Sinussatz $\sin\psi = \dfrac{\sin\varepsilon \sin l}{\sin P'S}$. Nun ist der Winkel

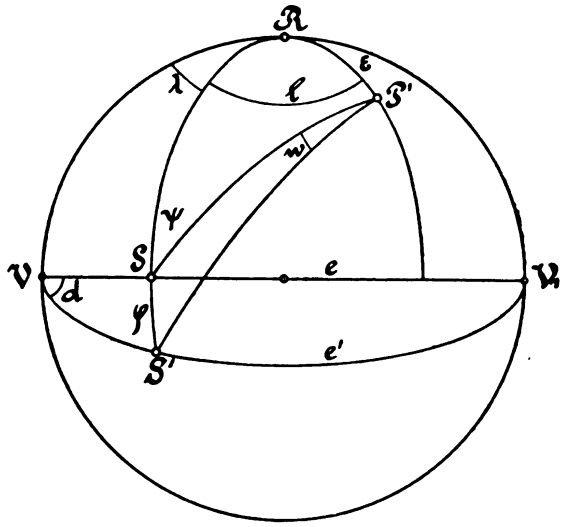



Fig. 11.

bei $S$ im Dreieck $P'SS'$ gleich $180-\psi$ und es folgt

$\sin w = \dfrac{\sin\varphi \sin\psi}{\sin P'S'} = \dfrac{\sin\varphi \sin\varepsilon \sin l}{\sin P'S \sin P'S'}$. Aus den Formeln für $\sin w$ und $\cos w$ folgt alsdann $\operatorname{tg} w = \dfrac{\sin\varepsilon \sin l \sin\varphi}{\cos\varphi - \cos P'S \cos P'S'}$, und durch Einsetzen

$$\operatorname{tg} w = \frac{\sin\varepsilon \sin l \sin\varphi}{\cos\varphi - \sin\varepsilon \cos l\,(-\sin\varphi\cos\varepsilon + \cos\varphi \sin\varepsilon \cos l)}$$

$$= \frac{\sin\varepsilon \sin l \operatorname{tg}\varphi}{1 - \sin^2\varepsilon \cos^2 l + \sin\varepsilon\cos\varepsilon\cos l \operatorname{tg}\varphi} = \operatorname{tg} d \sin\varepsilon \frac{\sin l \sin\lambda}{1 - \sin^2\varepsilon\cos^2 l + \operatorname{tg} d \sin\varepsilon\cos\varepsilon\cos l\sin\lambda}$$

Indem man mit Rücksicht auf die Kleinheit des Winkels $d$ das dritte Glied im Nenner vernachlässigt, erhält man endlich

14) $$\operatorname{tg} w = \operatorname{tg} d \sin\varepsilon \frac{\sin l \sin\lambda}{1 - \sin^2\varepsilon \cos^2 l}$$

Nach dieser Formel schwankt $w$ zwischen $\pm 0'',19937$, also rund zwischen $\pm 0'',2$.

Es schwanken nun also $(u+v)$ zwischen $-0'',00000\,005$ und $+8'',7$, $w$ zwischen $\pm 0'',2$. Offenbar können die Maxima und Minima von $(u+v)$ und von $w$ zeitlich zusammentreffen. Demnach schwankt die Gesamtsumme $\zeta = u+v+w$ annähernd zwischen $-0'',2$ und $+8'',9$. Das arithmetische Mittel dieser äussersten Werte von $\zeta$ liegt bei $4'',35$.

Als Anwendung auf die Dauer des siderischen Jahres folgt alsdann: Die $n$ wahren Sonnentage eines beliebigen siderischen Jahres betragen $(n+1)$ Sterntage plus einer Dauer in Sternzeit, welche ungefähr zwischen $-\frac{0,2}{15} = -0^s,013$ u. $+\frac{8,9}{15} = +0^s,593$ schwankt. Denkt man sich endlich das Mittel aus einer grossen Anzahl siderischer Jahre genommen, so folgt: Die $n$ mittleren Sonnentage eines mittleren siderischen Jahres werden annähernd $(n+1)$ Sterntage plus 0,29 Sekunden Sternzeit ausmachen.

In dem Vorangehenden sind einzelne siderische Jahre berücksichtigt worden, wobei der entsprechende Exzess der Bahn des Ekliptikpols vernachlässigt werden durfte. Man könnte das Verhältnis der Sternzeit zu der mittleren Zeit zu ermitteln suchen durch Zählung der Sterntage und der Sonnentage während eines Zeitraums von einer grösseren Anzahl von Jahren und unter Berücksichtigung der Exzesse der Polbahnen, die nun nicht mehr zu vernachlässigen sein werden. Das Resultat wird sein, dass das oben gefundene Verhältnis in unerheblicher Weise modifiziert werden wird. Im übrigen wird man zu der Überzeugung gelangen, dass sich durch derartige Berechnungen und Beobachtungen das gesuchte Verhältnis nicht genau finden lässt.

## VII.

## Die tropischen und siderischen Jahre, welche in einem platonischen enthalten sind.

In der veränderlichen Ekliptik bewegen sich zwei Punkte in entgegengesetztem Sinne. Der eine ist der Sonnenmittelpunkt $S$, welcher sich von West nach Ost bewegt, im Verlaufe jedes siderischen Jahres um $360°$ (S. 71). Der andere dieser Punkte, der Frühlingspunkt $F$, bewegt sich von Ost nach West. die Dauer seiner Bewegung um $360°$ ist das platonische Jahr. Da der Sonnenmittelpunkt sich viel rascher bewegt als der Frühlingspunkt, so muss das

platonische Jahr eine grosse Anzahl siderischer Jahre enthalten und selbstverständlich auch eine nahezu ebenso grosse Anzahl tropischer Jahre, weil das tropische Jahr vom siderischen nur wenig verschieden ist.

Zwischen diesen drei Gattungen von Jahren besteht ein bestimmter Zusammenhang. Um denselben in einfachster Weise herzuleiten, beachte man nur die Bewegungen der Punkte $S$ und $F$ in der Ekliptik, indem man von der Veränderung der Lage der Ekliptik ganz absieht. Man zählt hierbei die tropischen Jahre $t_1$, $t_2$, . . und die siderischen $s_1$, $s_2$, . . welche in einem platonischen Jahr $p$ enthalten sind.[1])

Eine weitere Vereinfachung (in der Darstellung) erzielt man dadurch, dass man das platonische Jahr mit einem Frühlingsäquinoktium beginnen lässt.

Unter den gemachten Voraussetzungen sei $F$ die Anfangslage des Frühlingspunktes und des Sonnenmittelpunktes bei Beginn des platonischen Jahres (s. S. 90). Im Verlaufe des ersten tropischen Jahres $t_1$ bewege sich (in der nun festgedachten) Ekliptik der Frühlingspunkt nach dem Punkte $F_1$; während des ersten siderischen Jahres bewegt sich der Sonnenmittelpunkt (die Sonne) von $F$ aus um 360° bis wieder nach $F$. Es folgt, dass das erste siderische Jahr gleich ist dem ersten tropischen plus der Zeit, in welcher die Sonne vom Ende des ersten tropischen bis zum Ende des ersten siderischen Jahres den Bogen $F_1F$ zurücklegt. — In analoger Weise ergibt sich folgendes allgemeinere Resultat: Gelangt der Frühlingspunkt bis zum Ende des $k$. tropischen Jahres nach $F_k$, so ist die Dauer der $k$ ersten siderischen Jahre gleich der Dauer der $k$ ersten tropischen Jahre plus der Zeit, in welcher die Sonne vom Ende des $k$. tropischen Jahres bis zum Ende des $k$. siderischen den Bogen $F_kF$ zurücklegt. — Setzt man nun noch voraus, es enthalte das platonische Jahr $n$ tropische Jahre, so wird $F_n$ mit $F$ zusammenfallen. Indem man in dem vorigen Resultat $k$ in $n$ übergehen lässt, folgt alsdann: die Dauer der $n$ ersten siderischen Jahre ist gleich der Dauer der $n$ ersten tropischen, also gleich der Dauer des platonischen Jahres, plus der Zeit, in welcher die Sonne vom Ende des $n$. tropischen bis zum Ende des $n$. siderischen Jahres den Bogen $F_nF$ durchläuft. Letzterer Bogen misst 360° und die Dauer, in welcher er von der Sonne

---

[1]) Dass diese Zählung einfacher ist, als die im vorigen Abschnitt ausgeführte, beruht darauf, dass es sich hier nur um Drehungen um dieselbe Achse (Ekliptikachse) handelt (anstatt um zwei verschiedene veränderliche Achsen). Die Veränderlichkeit dieser einen Achse ist ohne Einfluss auf das Resultat und es wird das Resultat selbst ein viel einfacheres sein.

während der soeben bezeichneten Zeit durchlaufen wird, ist das $n$. siderische Jahr selbst. In abgekürzter Bezeichnung ist somit

$$s_1 + s_2 + \cdots + s_n = t_1 + t_2 + \cdots + t_n + s_n,$$

also

15) $$p = t_1 + t_2 + \cdots + t_n = s_1 + s_2 + \cdots + s_{n-1};$$

jedes platonische Jahr enthält genau ein siderisches Jahr weniger als tropische Jahre. — Bezeichnet man die mittleren Längen dieser $n$ tropischen und $(n-1)$ siderischen Jahre mit $t$ und $s$, so ist $p = n \,.\, t = (n-1) \,.\, s$. Daraus folgt beispielsweise $n = \frac{s}{s-t}$. — Benützt man die (in Zukunft durch etwas andere zu ersetzende) Werte $s = 365^d,256\,358$, $t = 365^d,242\,204$ mittlere Zeit (Wislicenus), so folgt $n = 25\,706$; es ergibt sich (als Näherungswert) eine Dauer des platonischen Jahres gleich 25 706 tropische Jahre.

# Neue Fossilfunde aus dem Quartär und deren Bedeutung für die Auffassung des Wesens der Eiszeit.

Von

H. Brockmann-Jerosch.

---

## Vorläufige Mitteilung.

Das Sinken der Schneegrenze im Gebirge und das Anwachsen der Gletscher, wie es in so grossem Masstabe für die Diluvialzeit charakteristisch ist, kann theoretisch zwei verschiedene Ursachen haben, die sich natürlich auch kombinieren können: Abnahme der Temperatur oder Zunahme der festen Niederschläge. Während es immer einige Forscher gab, die die letzte Ursache oder die Kombination beider heranzogen, ging doch die allgemein herrschende Ansicht dahin, Wärmeabnahme habe in allererster Linie die eiszeitlichen Phänomene hervorgerufen. Der Ausgangspunkt dieser Ansicht waren florengeschichtliche Überlegungen, sodann Funde fossiler Diluvialpflanzen und Verallgemeinerungen, die man an sie knüpfte. Schon lange war es eine bekannte Tatsache, dass die Arktis mit den Alpen eine grössere Zahl von Arten gemeinsam hat. Es schien ein Leichtes, diese Verwandtschaft zu erklären, wenn man sich vorstellte, durch allgemeine Temperaturabnahme sei die Wanderung zwischen den Alpen und der Arktis leicht möglich gewesen. Man glaubte an ein „Florenmischgebiet", das zwischen der nordeuropäischen und der alpinen Vereisung bestanden habe. Diese Ansicht schien nun durch Fossilfunde, die sowohl in der norddeutschen Tiefebene, in Dänemark, Skandinavien, Brittanien, Russland, als auch im schweizerischen Mittellande, zuerst von Nathorst, dann auch von Gunnar Andersson, N. Hartz, Cl. Reid, C. Schröter, Steenstrup, C. A. Weber u. a. gemacht wurden, glänzend bestätigt. In Glazialtonen eingebettet fanden sich da Arten, aus denen auf eine baumlose Tundrenvegetation geschlossen wurde, die während der Eiszeit in breitem Rand die Vereisungen begleitet habe. Nach einer ihrer häufigsten Arten wurde sie die „Dryasflora" genannt. Durch immer neue Funde gestützt, gelangte schliesslich die Ansicht, dass die eiszeitliche Vegetation Mitteleuropas wesentlich in einer baumlosen Tundrenvegetation,

hervorgerufen durch bedeutende Temperaturabnahme, bestanden habe, zu immer allgemeinerer Geltung; wir nennen sie nach ihrem vornehmsten Vertreter die Nathorstsche Hypothese.

Neben dieser stets intramoränischen Dryasflora wurden jedoch auch eine Reihe von Funden anderer Diluvialfloren gemacht, sowohl intra- als auch extramoränisch. Da sie eine der heutigen Wald- und Sumpfflora ähnliche Zusammenstellung zeigen, so schloss man aus ihnen auf einen Unterbruch der eiszeitlichen Zustände, wie sie die Dryasflora anzuzeigen schien, auf Eintreten eines wärmeren Klimas, auf die sogenannten Interglazialzeiten, noch bevor für diese rein geologische Beweise beigebracht werden konnten. Diese beiden Floren schienen so gut getrennt zu sein, dass man glaubte, in ihnen ein Mittel gefunden zu haben, um das Alter anderer fossiler Floren bestimmen zu können, auch ohne ihre geologische Lagerung näher untersuchen zu müssen. Ja, man stützte auf sie die Annahme einer Temperaturerniedrigung während der eigentlichen Eiszeiten, einer Erwärmung während den Interglazialzeiten; sogar zur Bestimmung der Schneegrenze mussten sie herhalten, wobei die völlig unerwiesene Prämisse gemacht wurde, dass auch damals Schnee- und Baumgrenze den gleichen Abstand von einander hatten wie heute; das setzt aber wiederum voraus, dass die diluvialen Erscheinungen lediglich durch Temperatur- und nicht durch Niederschlagschwankungen hervorgerufen waren. Schliesslich ging man sogar so weit, in einzelnen Fällen, wo der geologische und der phytopaläontologische Befund miteinander in Widerspruch zu sein schienen, ersteren zugunsten des letzteren zu vernachlässigen oder umzudeuten, wofür sich aus der Literatur mehr wie ein Beispiel anführen liesse. Führte eine ihrer geologischen Konfiguration nach glaziale Ablagerung Baumstämme, so musste sie dennoch als interglazial betrachtet werden, um mit der Nathorstschen Hypothese nicht in Widerspruch zu geraten.

Wenn es also gelingt, ein fossile Pflanzen enthaltendes Lager zu finden, bei dem der Stand der Gletscher während seiner Ablagerung genau festgestellt werden kann, so ist ein solcher Fund imstande, Aufklärung über die Vegetation und das Wesen der Eiszeit zu verschaffen. Der Verfasser glaubt nun wirklich auf eine solche Fossilfundstelle gestossen zu sein.

Bei dem Bau der Rickenbahn wurden unweit Kaltbrunn bei Uznach (Kt. St. Gallen) im Eisenbahneinschnitt von Güntenstall fossilführende Schichten angeschnitten, die bereits durch Schmidt [1])

[1]) Karl Schmidt-Basel, Bericht über die Exkursion nach dem Rickentunnel, nach Uznach und dem Toggenburg. Bericht über die XXXVIII. Versammlung des Oberrheinischen geologischen Vereins zu Konstanz am 26. April 1905.

und Neuweiler[1]) bekannt geworden sind. Beide Autoren hielten die Ablagerung für interglazial. Durch Grabungen, die seit dem Erscheinen dieser Arbeiten vorgenommen wurden, sind neue Aufschlüsse geschaffen, die zeigen, dass die Annahme der beiden genannten Forscher nicht richtig sein kann. Die Schichten von Güntenstall sind nicht gleichaltrig wie die Schieferkohlen von Uznach, sondern jünger. Durch die beim Bahnbau vorgenommenen ausgedehnten Erdarbeiten in einer Länge von ca. 2,5 km wurde die ganze Umgebung in idealer Weise zugänglich und es zeigte sich dabei, dass die Ablagerung zu einer Zeit erfolgt sein muss, als der Gletscher noch in nächster Nähe stand. Indem für alle Einzelheiten auf die in Bälde erscheinende ausführliche Publikation verwiesen sei, mag hier nur, resümierend, folgendes über die geologische Lagerung erwähnt werden.

Das Hangende und das Liegende der ganzen in Frage kommenden Bildung ist Grundmoräne in situ, und zwar fehlt an beiden Kontakten jede Spur einer Verwitterungsschicht, so dass irgend ein zeitlicher Unterbruch in der Ablagerung unwahrscheinlich ist. Die in Frage kommenden Schichten sind durch den Kaltbrunner Dorfbach etwa in einem Querschnitt, durch die Erdarbeiten beim Bahnbau etwa in einem Längsschnitt auf 2,5 km fast lückenlos entblösst. Das Ganze stellt sich dar als eine der älteren, bekannten Terrasse der Uznacher Schieferkohlen anliegende Ablagerung eines frühern Sees, in den das Delta des diluvialen Kaltbrunner Dorfbaches eingebaut ist. Der Seespiegel lag mindestens 80—90 m über der heutigen Talsohle, die das Niveau des Zürich- und Wallensees hat. Je weiter wir uns von dem obersten Punkte des Deltas entfernen, aus umso feinerm Material bestehen die Schichten: erst Kies, dann mehr und mehr Sand und dann Ton. Die Lagerung ist zunächst die eines typischen Schuttkegels. Daran schliesst sich ein sublacustres Delta mit einem bis zu 20° betragenden, dann nach und nach sich verflachenden Böschungswinkel (Einschnitt von Güntenstall) an. Schliesslich wird das Material bändertonartig. Damit sinkt auch der Fallwinkel auf 5° und schliesslich noch weniger (Westende des Einschnittes von Güntenstall). Diese Tone stehen nun in Verbindung mit andern, die, wie gesagt, ebenfalls im gleichen See abgelagert sind und sich schon durch ihr Material als echte, typische Glazialtone kennzeichnen. Sie sind fein gebändert, liegen horizontal mit zahlreichen Stauchungen in den obersten Schichten und waren bis zu einer Mächtigkeit von 28 m aufgeschlossen (Einschnitt von Oberkirch und

[1]) Neuweiler, Die fossilen Pflanzenreste von Güntenstall bei Kaltbrunn. X. Bericht der Zürcherischen botanischen Gesellschaft 1905—07. Zürich 1907, und Berichte der Schweizerischen botanischen Gesellschaft, Heft XVI, Bern 1907.

Hasenweid). Für die nähere Beurteilung des Alters dieser Ablagerungen sind folgende Punkte massgebend:

1. Der sublacuster gebildete Teil des Deltas und die anschliessenden Glazialtone fordern die Existenz eines Sees, dessen Oberfläche bei mindestens 490 m ü. M. gelegen haben muss; dieser See fordert wiederum einen das Wasser stauenden Riegel. Nach den Verhältnissen in der nähern und weitern Umgebung kann hier aber nichts anderes in Frage kommen, als der Gletscher selbst, der also zur Zeit der Ablagerung des Deltas im obern Zürichseetal noch bis mindestens 490 m Höhe (= 80 m über dem heutigen Talboden) gestanden haben muss.

2. Das schon oben erwähnte Fehlen jeder Verwitterungsspuren an der obern und untern Grenze der Deltaschichten zeigt deutlich, dass ihre Ablagerung sehr bald auf die der liegenden Grundmoräne folgte und ebensobald von der der hangenden gefolgt war. Auch aus diesem Grunde kann der Gletscher nicht weit entfernt gewesen sein.

3. Die Deltaschichten bestehen aus verschwemmtem Grundmoränenmaterial, bei dem schon das für glaziales Alter spricht, dass keine durch die Erosion der nächsten Umgebung des Einzugsgebietes des Kaltbrunner Dorfbaches gelieferten Bestandteile (Molasse) zu beobachten sind. Das Material der Bändertone ist typisch glazial; sie sind offenbar in noch frischem, plastischem Zustand von dem später über sie hinschreitenden Gletscher gestaucht und gestört worden.

4. In den Glazialtonen von Oberkirch und Hasenweid finden sich häufig Moränenfetzen und einzelne gekritzte Geschiebe, ganz frisch, z. T. prachtvoll poliert. Man sieht da Geschiebe jeder Grösse bis zu mehreren $m^3$ und einzelne Moränenfetzen bis 6 m tief im Ton, dessen Schichtung ungestört an sie und über sie hinweg gelagert ist, so dass ein späteres Hineindrücken durch den Gletscher ausgeschlossen ist. Vielmehr ist der Schluss unabweisbar, dass frische Moränenfetzen und Erratika vom gleichzeitigen Gletscher in den benachbarten See fielen und in den Bänderton eingebettet wurden.

Die Ablagerung des pflanzenführenden Deltas von Kaltbrunn erfolgte somit zu einer Zeit, da der Gletscher in unmittelbarer Nähe bis mindestens 490 m ü. M. stand, somit etwa bis gegen Rapperswil reichte. Hier findet sich die bekannte Endmoräne von Hurden, die das Tal quer abschliesst; diese Endmoräne wird von Penck und Brückner mit der Zeit des Bühlvorstosses parallelisiert. Es lässt sich nun zeigen — genauer kann hier nicht darauf eingetreten werden — dass die Ablagerung des pflanzenführenden Deltas aus der letzten Eiszeit stammt und zwar

aus deren Rückzugstadium, so dass seine Bildung in die Zeit des Bühlvorstosses selbst fällt.

Beizufügen ist noch, dass die Pflanzenreste, wie sich aus sorgsamer Prüfung ergeben hat, sicher nicht aus einer ältern Fossilschicht ausgespült sind, sondern an primärer Lagerstätte ruhen.

Von den Funden, die in den sandigen und tonigen Schichten des Güntenstaller Einschnittes gemacht wurden, seien folgende hervorgehoben:

Zahlreiche Moose, die zum grössten Teile für den heutigen Buchenwald charakteristisch sind.
Taxus baccata L., Eibe.
Picea excelsa (Lam.) Link, Fichte.
Abies alba Miller, Weisstanne.
Pinus silvestris L., gemeine Kiefer.
Populus nigra L., Schwarzpappel.
Populus alba L., Weisspappel.
Corylus avellana L., Haselnuss.
Quercus robur L. (= pedunculata), Stieleiche.
Asarum europæum L., Haselwurz.
Ilex aquifolium L., Stechpalme.
Acer pseudoplatanus L., Bergahorn.
Acer platanoides L., Spitzahorn.
Tilia cordata Mill., Winterlinde.
Tilia platyphyllos Scop, Sommerlinde.
Hedera helix L., Epheu.
Fraxinus excelsior L., Esche.

Daneben sind u. a. noch Sciurus vulgaris L., das Eichhorn durch Frassfiguren und Cervus elaphus L., der Edelhirsch durch ein Geweih nachgewiesen.

Die fossil erhaltenen Pflanzen wuchsen in nächster Nähe am benachbarten Talhang und sind durch den Kaltbrunner Dorfbach eingeschwemmt worden. Nur die Picea-Reste deuten auf einen etwas längern Wassertransport hin; zumal unter den z. T. deutlich gerollten Hölzern spielt die Fichte eine vorwiegende Rolle. Das berechtigt zur Annahme, dass sie hauptsächlich die höhern Teile des Einzugsgebietes des Dorfbaches besiedelte. Sucht man nun aus den andern Resten die Vegetation, die in nächster Nähe gedieh, zu rekonstruieren, so muss man nicht nur die Häufigkeit der Reste in Rechnung ziehen. Vielmehr kommt es auch darauf an, wie gut sie sich durch den Bach transportieren und in den Ablagerungen konservieren liessen, und schliesslich, ob sie leicht aufzufinden und zu erkennen sind. Wenn wir auf diese Weise aus den gefundenen Resten auf die

damalige Vegetation zurückschliessen, so ist da zunächst die äusserst schwache Vertretung der Gramineen und Cyperaceen einerseits, das Vorkommen ganzer Laubblattschichten und zahlloser Rinden- und Aststücke anderseits auffällig: der Kaltbrunner Dorfbach war ein Waldbach. Verschiedene Erwägungen, auf die hier nicht näher eingegangen werden kann, lassen sodann den Schluss ziehen, dass es sich um einen reichgemischten Laubwald gehandelt hat, was auch die Arten der reichen Moosflora ihrerseits selbständig bestätigen. An Menge überwogen weit Quercus pedunculata, die Stieleiche, Tilia platyphyllos, die Sommerlinde und Corylus avellana, der Haselstrauch alle andern; auch Acer pseudoplatanus, der Bergahorn, Abies alba, die Weisstanne und Taxus baccata, die Eibe, waren häufig.

Zwanglos lassen sich die Pflanzenreste zu einem harmonischen Bild vereinigen: Ein an Arten reicher Laubwald wuchs im Einzugsgebiet. Die Stieleiche war der markanteste Baum. Daneben gab es noch häufige Haselnussträucher und -Bäume und viele Sommerlinden. Auch der Bergahorn war ein häufiger Baum. Die Schwarzpappel, die Weisspappel, der Spitzahorn, die Esche und die Winterlinde waren in kleinerer Zahl vorhanden. Im Halbschatten wuchsen baumförmige Exemplare der immergrünen Stechpalme und dunkle Eiben und bildeten neben Epheu, Waldrebe und Asarum europaeum charakteristische Bestandteile dieses Laubwaldes, in den sodann auch Edeltannen und seltener Fichten eingesprengt waren. Die letzteren kamen dann aber wohl höher am Abhang zum Dominieren.

Alle Arten dieser Fossilflora leben heute noch, die allermeisten sogar in nächster Nähe. Dennoch ist jene Vegetation wesentlich von der heutigen verschieden, nämlich in den Mengenverhältnissen. Statt der heute ausschliesslich dominierenden Buche herrschte damals die Eiche und zwar die feuchtigkeitliebende Quercus pedunculata Ehr. Corylus ist heute stark zurückgedrängt, ebenso (wenigstens im Mittelland) Acer pseudoplatanus. Heute, im Gegensatz zu damals, ist Tilia platyphyllos streckenweise sehr selten, die kontinentalere Tilia cordata weit häufiger. Acer platanoides ist so zerstreut, dass sich sein Indigenat anzweifeln liesse, was bei Populus nigra und P. alba ja mehrfach wirklich geschieht. Die Vegetation zur Zeit der Ablagerung des Kaltbrunner Deltas unterscheidet sich demnach ganz bedeutend von der heutigen: eine Anzahl feuchtigkeitliebender Laubbäume herrschte vor, die mit mehr kontinentalen Ansprüchen traten zurück. Heute spielen jene teilweise eine kleinere Rolle: sie sind Relikte eines früheren

Klimas. Ganz auffällig aber ist vor allem das gänzliche Fehlen der Buche, während doch die damaligen Klimaverhältnisse ihr Vorkommen wohl erlaubt hätten. Damit stimmt überein, dass ja auch anderwärts die Buche erst in später prähistorischer Zeit häufig wird.

Untersucht man die heutige Verbreitung der wärmebedürftigsten dieser fossilen Arten im schweizerischen Mittelland, so findet man, dass jene Vegetation der heutigen Montanzone entspricht; ihr gehört auch heute noch der untere Teil des Einzugsgebietes des Kaltbrunner Dorfbaches an. Viele der fossil gefundenen Arten gehen heute nicht über 900—1000 m; ausser der Picea excelsa, die, wie schon erwähnt, auch zur Zeit der Ablagerung wohl einen höhern Gürtel inne hatte, geht auch die betreffende Vegetation als Ganzes und in ihrer prozentualen Zusammensetzung heute im schweizerischen Mittelland nicht über 700, allerhöchstens 800 m. Da nun der fossile Laubwald einst bei etwa 500—600 m gedieh, so kann die Depression der Vegetationsgrenzen — für die aber gar keine Anzeichen vorliegen, da jeder subalpine Anstrich der Flora fehlt — wenn sie überhaupt vorhanden war, höchstens 200 m betragen haben, was einer durchschnittlichen Temperaturdepression von rund ca. 1,5 ° C. entspricht[1]). Da eine solche aber nicht genügt, die Gletscher zu veranlassen, bis ins Mittelland herabzusteigen, so müssen es in erster Linie die grössern Niederschläge in fester Form gewesen sein, die die Bühlvergletscherung hervorriefen. Das Klima während der Zeit der Ablagerung des ehemaligen Deltas war also offenbar sehr ozeanisch. Milde und daher niederschlagsreiche Winter wechselten mit trüben, kühlen Sommern. Die mittlere Jahrestemperatur war aber der heutigen gleich oder zum mindesten sehr nahestehend.

Ganz die gleiche Annahme fordert selbständig die fossile Flora von Güntenstall: dieser ozeanische, feuchtigkeitsliebende Laubwald mit seinen immergrünen Arten verlangt grosse Niederschläge und relativ milde Winter.

Aus dem Gesagten ergibt sich, dass während des Bühlstadiums wohl die Schneegrenze bedeutend gesunken war, aber dass die Höhengrenzen der Vegetation nicht oder höchstens ganz unwesentlich er-

[1]) Da nun, wie unten gezeigt werden wird, das Klima während dieser Zeit ein sehr ozeanisches gewesen sein muss, so ist natürlich ein Vergleich mit dem heutigen, in jener Gegend schwach ozeanischen Klima, nach unsern heutigen Kenntnissen über den Einfluss des ozeanischen und kontinentalen Klimas auf die Höhengrenzen, nicht in eingehender Weise durchführbar. Die hier angegebene Temperaturdifferenz ist also nur unter dieser Reserve gültig.

niedrigt waren. Der Abstand der Baum- von der Schneegrenze kann nicht der gleiche gewesen sein wie heute. Es scheinen also Verhältnisse geherrscht zu haben, wie sie heute in sehr niederschlagsreichen Ländern (Neuseeland, Patagonien) noch vorkommen.

Es ist nun klar, dass das, was hier in bezug auf das Klima während des Bühlstadiums gefolgert werden musste, mit gewisser Reserve verallgemeinert werden darf und muss, denn es ist nicht logisch anzunehmen, dass die Eiszeit bald aus der einen, bald aus einer andern Ursache entstanden sei und dass sie bald ein solches und dann wieder ein anderes Klima besessen habe. Demnach müssen wir sagen: **Die Eiszeiten sind in allererster Linie durch Erhöhung der Niederschläge in fester Form hervorgerufen. Von der Menge der festen Niederschläge hing es somit ab, wie weit die Gletscher in das Vorland vorstiessen. Während der ganzen Dauer einer Vergletscherung war also offenbar die durchschnittliche Temperatur der heutigen sehr ähnlich, während der Zeit des Bühlvorstosses sogar nachweislich ihr wahrscheinlich gleich.**

Da nun in der Bühleiszeit wohl eine stärkere Erniedrigung der Schneegrenze, aber keine Depression der Vegetationsgrenzen sich nachweisen lässt, so war während dieser Zeit der Abstand der letzteren von der Schneegrenze geringer als heute. Daraus geht hervor, dass das Ableiten der ehemaligen Schneegrenze aus den diluvialen Floren nicht zulässig ist, weil wir den ehemaligen verringerten Abstand der Schneegrenze von der Baumgrenze nicht kennen. Aus dem gleichen Grunde ist es unmöglich, aus der aus geologischen Tatsachen bestimmten Schneegrenze die dazu gehörigen Vegetationsgrenzen ableiten zu wollen. Die auf solche Schlüsse begründeten Altersbestimmungen prähistorischer Reste müssen also vorläufig fallen gelassen werden.

Sehen wir uns nach fossilen Floren um, die Ähnlichkeit mit der von Güntenstall haben, so fällt in erster Linie die grosse Übereinstimmung mit der Flora der **Eichenperiode** ins Auge, wie sie aus den nordeuropäischen Torfmooren längst bekannt ist, in der Schweiz aber bisher trotz speziellen Nachsuchens nicht nachgewiesen werden konnte. Zu gleicher Zeit ergibt sich aber, dass, da schon zur Bühleiszeit Eichenwälder direkt neben dem Gletscherende wuchsen, die Eichenzeit nicht nur eine Periode des spätern Postglazials darstellt. Durch die Schlüsse, die oben in bezug auf das Klima gezogen werden mussten, geht nun hervor, dass auch für die Eiszeiten selbst die gleiche Vegetation in den Gebieten, die durch die Nähe des Eises

nicht beeinflusst waren, angenommen werden muss: Die Eichenperiode gehört demnach auch schon der Eiszeit selbst an.

Aber auch die **Vegetation der Interglazialzeit** zeigt eine auffallende Ähnlichkeit mit der glazialen von Güntenstall. Jene enthält sodann noch einige wenige Arten, die bisher als besonders wärme- und trockenheitsliebend galten und auf die gestützt z. B. Penck und Brückner[1]) ein im Vergleich zu heute um 2° wärmeres Klima und eine um 400 m höher liegende Schneegrenze postulierten (nämlich Buxus sempervirens L., Buchsbaum[2]), Rhodendron ponticum L., die pontische Alpenrose[3]), Brasenia purpurea Mich.[4]). An Hand ihrer heutigen Verbreitung lässt sich leicht nachweisen, dass sie mit dem heutigen verglichen kein wärmeres verlangen, aber entschieden ein feuchteres Klima bevorzugen, als ihre diluvialen Standorte ihnen heute bieten würden, dass sie also mithelfen, der damaligen sogen. Interglazialflora einen ozeanischen Charakter aufzudrücken. Dies und andere Tatsachen, auf die hier nicht weiter eingegangen werden kann, zwingen zu dem Schluss: Die interglaziale Vegetation verlangt keineswegs ein mit dem heutigen verglichen wärmeres Klima, wohl aber lässt sich nachweisen, dass sie in einem niederschlagsreicheren, ozeanischen Klima gelebt hat. Ebenso stimmt sie mit der glazialen von Güntenstall vortrefflich überein.

Es kann, wenn man die an die Güntenstaller Funde geknüpften Folgerungen überblickt, kein Zweifel bleiben, dass sie in offenem

---

[1]) Besonders im Hinblick auf das Vorkommen des Rhododendron in der Höttingerbreccie ob Innsbruck.

[2]) Ein Strauch, der trotz seines Mittelmeer-Habitus die typische Mittelmeerflora flieht und sich an das Gebirge hält. Er gedeiht bei uns in Kultur sehr gut, verwildert sogar und hat nur unter den trocken-kalten Winden bei Schneearmut zu leiden.

[3]) Kommt heute in den Gebirgen Südportugals und des pontischen Gebietes, also in feuchten Klimaten vor. Nach neuen Beobachtungen von Handel-Mazzetti (Bericht über die im Sommer 1907 durchgeführte botanische Reise in das pontische Randgebirge im Sandschak Trapezunt. XIII. Jahresbericht des naturwissenschaftlichen Orientvereins für das Jahr 1907. Wien 1908) bildet sie in dem durch sehr starke Luftfeuchtigkeit und Niederschläge ausgezeichneten Gebirge des Sandschak Trapezunt in den Wäldern dichtes, ausgedehntes, undurchdringliches Unterholz. Sie bevorzugt selbst hier noch die feuchteren Stellen und steigt in grösster Üppigkeit bis zur Baumgrenze empor. Bei uns gedeiht sie zwar noch in der Kultur, verlangt aber gegen die trocken-kalten Winde in der schneefreien Zeit des Winters Schutz durch Bodenbedeckung mit Laub und Reisig. Im ozeanischen England und Holland dagegen überwintert sie nicht nur ohne jeden Schutz, sondern bildet sogar grosse undurchdringliche Gebüsche, indem sich die niederliegenden Zweige älterer Exemplare bewurzeln und indem sie sich zudem aussäet. Die Pflanze beansprucht also ohne Zweifel zu ihrem Gedeihen ozeanisches Klima.

[4]) Beweist, nach Schröter (Früh und Schröter, Die Moore der Schweiz, Bern 1904, pag. 350), keine oder doch nur eine wenig höhere Temperatur. Vielleicht sagte ihr das ozeanische, mildere Klima zu.

Gegensatz zu der heute bei der grossen Mehrzahl sowohl der Geologen als auch der Pflanzengeographen herrschenden Ansicht stehen. Es ist ja allerdings richtig, dass es immer eine Anzahl von Forschern gegeben hat, die auf die Bedeutung der grössern Niederschläge in fester Form für die Entstehung der Eiszeit hingewiesen haben, allein diese begnügten sich allermeist damit, auf heute ähnliche Verhältnisse in Alaska, Neuseeland, Patagonien usw. hinzuweisen. Nur ganz vereinzelte Forscher versuchten auch den Beweis, dass die Verhältnisse auch so gewesen sein mussten. Aber man mass diesem keine oder nur eine sehr geringe Bedeutung bei.

Ganz besonders widersprechen die hier gemachten Folgerungen der eingangs als Nathorstsche Hypothese bezeichneten Auffassung der sogen. „Dryasflora" als Zeugin einer beträchtlichen Temperaturverminderung im Glazial und einer in ihrer Folge am Eisrand und sogar im Zwischeneisgebiet herrschenden baumlosen Tundra, sowie der Berührung arktischer und alpiner Arten in diesem „Florenmischgebiet".

Es wäre aber unrichtig, zu glauben, der Charakter der Glazialflora von Güntenstall sei das einzige Argument, das eine Revision jener Ansichten fordert. Es kann hier unmöglich auf alle Einzelheiten eingegangen werden, die gegen die Nathorstsche Hypothese sprechen; ich möchte nur einige Punkte herausgreifen und im übrigen auf die ausführlichere Publikation verweisen.

1. Als Beweis tiefer Temperaturen während der Eiszeit gilt die Florenverwandtschaft der Alpen mit der Arktis, indem man annimmt, während der Eiszeit sei die alpine und die arktische Flora aus ihren heutigen Gebieten verdrängt gewesen, sie hätten aber am Rande der Vergletscherung gelebt und sich bei dieser Gelegenheit gemischt. Nun ist es aber gänzlich unbewiesen, dass der Florenaustausch gerade während des Diluviums erfolgte. Er könnte ebensogut schon früher stattgefunden haben. Auch gibt es kein einziges pflanzliches Fossil, welches beweisen würde, dass je zwischen der nördlichen und der Alpenvereisung eine Pflanze der Arktis oder der Alpen gelebt habe, so dass eine Verbindung des nördlichen und südlichen Areals sich rekonstruieren liesse. Es ist auch ganz unzulässig, aus der einzigen Tatsache, dass der Norden mit den Alpen eine Anzahl von Arten gemeinsam hat, schliessen zu wollen, dass eine tiefe Temperatur im Diluvium eine schrittweise Wanderung zwischen den beiden Arealen gestattet habe, denn mit dem gleichen Recht könnte man aus der Tatsache, dass auch alpine Arten auf der Sierra Nevada vorkommen, schliessen, dass Spanien im Diluvium allgemein

ein alpines Klima besessen habe[1]). — Auch die Glazialrelikte im nördlichen Alpenvorland, die öfters als ein Beweis tieferer Temperaturen im Diluvium gedeutet wurden, dürfen nicht in diesem Sinne verwertet werden, denn wir wissen nicht mit Sicherheit, wann diese Arten ihre versprengten Standorte erreicht haben, und die Annahme, dass diese letztern Reste einer allgemeinen Vegetation seien, ist völlig unbewiesen. Ja, es lässt sich sogar wahrscheinlich machen, dass ein Teil dieser sogenannten Glazialrelikte erst spät, z. T. in der historischen Zeit ihre vorgeschobenen Posten eingenommen haben. Wohl scheint es mir dagegen sehr wohl möglich, dass gerade ein extrem ozeanisches Klima dazu angetan ist, der alpinen Flora eine grössere Verbreitung zu geben. Ich halte es deshalb für sehr wahrscheinlich, aber nicht für bewiesen, dass ein Teil der Glazialrelikte aus dem Diluvium stammt, aber sie sind m. E. nicht Reste einer allgemeinen Vegetation, sondern sie waren schon damals Einsprenglinge.

2. Nun spricht auch die Verbreitung der Arten der alpinen Zone im Innern der Alpen dafür, dass diese sicher wenigstens während der letzten Eiszeit — sehr wahrscheinlich überhaupt während der Periode Riss- bis Ende Würmeiszeit — in den Alpen selbst überdauert haben. Dieses geht aus der bekannten und besonders von Heer, Decandolle und Christ gewürdigten Tatsache hervor, dass die Areale vieler Arten ganz zerrissen sind und dass sie, so unregelmässig sie zu sein scheinen, sich in auffälliger Weise an verschiedenen Orten decken, so dass bestimmte Gebiete reich an diesen Arten mit zersplitterten Arealen sind. Die Regionen mit diesem Reichtum müssten wir nun, nach der allgemeinen Ansicht über die Pflanzenwanderung während einer Eiszeit, nach welcher also die Alpen in ihrem Innern selbst ganz oder nahezu vegetationslos geworden wären, an jenen Orten finden, wo Gebirge vorkamen, die damals nachweisbar unter der Schneegrenze lagen. Aber diese Gebiete sind geradezu arm an seltenen Arten der alpinen Höhenzone, während dagegen die für eine postglaziale Einwanderung schwer zugänglichen Alpentäler im Innern der Alpen, vorzugsweise das Oberengadin und die Walliseralpen zu den Teilen der Schweizeralpen gehören, die am meisten seltene alpine Arten besitzen. Gewisse

[1]) Beizufügen ist, dass auch die Verbreitung der alpinen Flora im Innern der Alpen dafür spricht, dass dieser Florenaustausch sehr alt ist, zum mindesten nachweisbar älter als der Höhepunkt der letzten Eiszeit. Näheres hierüber findet sich in meiner Arbeit: Die Pflanzengesellschaften der Schweizeralpen, I. Teil. Die Flora des Puschlav und ihre Pflanzengesellschaften. Leipzig 1907, pag. 383 ff. S. auch unten.

Teile der südlichen Alpenketten, die während der letzten Eiszeit ausserhalb der Sammelgebiete der Gletscher lagen, haben sich dagegen eine grössere Anzahl von Endemismen erhalten, die tertiären Typus zeigen, jedoch der subalpinen Zone angehören. Diese Tatsachen stehen nun im Widerspruch mit der Anschauung, dass die Alpen während der letzten Eiszeit ganz oder nahezu vegetationslos gewesen seien infolge der tiefen Temperatur. Sie lassen sich nur erklären durch die Annahme, dass diese seltenen alpinen Arten während der Eiszeit im Innern der Alpen selbst gewesen sind und hier an orographisch schneefreien Orten: Steilhängen, Felspartien usw. überdauert haben.

Die Gebiete, die sich durch den hauptsächlichen Reichtum an diesen Arten auszeichnen, besitzen heute ein stärker kontinentales Klima als die Umgebung, was sie der Orographie, der „Massenerhebung" verdanken. Diese bestand aber bereits schon während der Eiszeit, so dass schon damals ein ähnlicher Unterschied des Klimas vorhanden war, der für ein Überdauern nur vorteilhaft sein konnte.

Die Höhenzonen, in denen diese Arten überdauert haben mussten, liegen aber oberhalb des Gletschereises, also allgemein wohl über 2200 m ü. M., demnach in einem Gebiete, das damals der Nivalzone angehörte. Da aber ein Teil der Arten, die in dieser Zone überdauert haben, heute nicht mehr bis in diese ansteigen, ja selbst in der alpinen gar nicht sehr hoch gehen, so war die Nivalzone der Eiszeit reicher an Arten — natürlich aber nicht an Vegetation — als die heutige. Daraus geht hervor, dass die Temperaturen der Nivalzone der Eiszeit der der jetzigen alpinen Zone nahe stehen mussten. Dies verlangt wiederum den Schluss, dass die Eiszeit vorzugsweise durch grössere Niederschläge in fester Form hervorgerufen worden ist.[1])

3. Eine ganz besondere Stütze für die Nathorstsche Hypothese sah man in den Fossilien glazialer Ablagerungen, deren Kenntnis wir ganz besonders Nathorst verdanken. Bekanntlich beherbergen fluvioglaziale Tone seltener Sande in früher vergletscherten Gebieten der nordischen wie der Alpenvergletscherung eine Anzahl von Arten, die heute nur noch in subalpinen, resp. alpinen und subarktischen, resp. arktischen Gebieten vorkommen. Unter diesen Fossilien ist Dryas octopetala L., ein niedriger rasenförmiger Strauch der heute subalpinen und alpinen Zone, eines der häufigsten. Deshalb spricht man von Dryastonen, von einer Dryasflora und einer

[1]) Für alles Nähere über das Überdauern der alpinen Arten im Innern der Alpen und die einschlägigen Literatur sei auf die obenerwähnte Arbeit verwiesen.

Dryaszeit. Nathorst sah nun in diesen Fossilien die Reste der allgemeinen Vegetation der letzten Eiszeit. Diese Annahme verlangte den Schluss, dass während der Eiszeit so tiefe Temperaturen geherrscht haben, dass nur diese kälteliebende Vegetation vorkommen konnte. Daraus geht hervor, dass die Temperaturerniedrigung auch Ursache der Eiszeit sei.

Es gibt nun aber eine ganze Reihe von Tatsachen, die diese Deutung nicht zulassen. Von ihnen hebe ich hier nur einige hervor, die die Berechtigung einer Revision der Frage darlegen sollen.

a) Die Dryasflora entspricht jeweils nur der Abschmelzungsperiode der Gletscher, nur ausnahmsweise überdauert sie in geringem Masse diese Zeit. Zwei Dryastone desselben Gletschers können also nicht gleich alt sein. Während der näher am Gletscherende sich befindende abgelagert wurde, war der entferntere schon gebildet. Nun lässt sich aber für das Gebiet nördlich der Alpen zeigen, dass auf die Dryastone sofort die Arten mit den heutigen Wärmeansprüchen sich einfinden und die Herrschaft übernehmen. Also nur kurze Distanz vom Gletscher entfernt mussten die Wärmeansprüche dieser Arten befriedigt worden sein.

b) Die Dryasflora selbst ist eine ganz arme Flora. Es kann niemals die Rede davon sein, dass sie die Reste der ganzen alpinen und arktischen, der Nathorstschen Hypothese zufolge aus den Alpen und des Arktis vertriebenen Flora darstellt. Die Dryasflora kann auch nicht eine geschlossene Formation gebildet haben, sondern es muss sich um eine offene Schuttflora gehandelt haben.

c) Wie schon gesagt, gehört heute die Dryasflora nicht nur der alpinen Zone und arktischen Region, sondern zum viel grössern Teile nur der subalpinen resp. subarktischen an. Schon daraus müsste man auf die Möglichkeit eines Baumwuchses schliessen, der von den extremen Anhängern der Nathorstschen Hypothese verneint wird. Noch beweisender ist aber das häufigste Fossil der Dryastone: Betula nana, die Zwergbirke. Diese war im Diluvium sehr verbreitet und ungemein häufig, ist aber heute in Mitteleuropa nur noch in spärlichen Resten vorhanden. In der Schweiz kommt sie nur noch in wenigen Mooren im Jura und im äussersten Alpenrande vor. Sie steigt nicht höher als die Buche und meidet die Voralpen oder gar die Zentralalpen gänzlich. Hätten während der Eiszeit im diluvialen Verbreitungsgebiete der Zwergbirke alpine Verhältnisse

geherrscht, so müsste sich heute dieser Strauch gerade in den Alpen finden. Da dem nun aber nicht so ist, können die Verhältnisse am Rande des Eises eben keine „alpinen" gewesen sein.

d) Überall, wo die Dryasflora genauer untersucht worden ist, findet sich untermischt mit ihr eine andere, wärmeliebendere Flora vor, die ich als Beiflora bezeichnen möchte. Diese besteht zumeist aus Wasserpflanzen, seltener aus zufällig hineingeratenen Landpflanzen. Diese Arten sind nun nicht etwa subalpin resp. subarktisch, sondern sie entsprechen dem heutigen Klima Mitteleuropas. Von diesen seien hier angeführt:

Sparganium erectum L. (= ramosum), Igelkolben.
Potamogeton natans L., Laichkraut.
Potamogeton perfoliatus L., Laichkraut.
Zannichellia palustris L.
Alisma plantago aquatica L., Froschlöffel.
Arundo phragmites L., Schilfrohr.
Blysmus rufus Link.
Salix repens L., Kriechweide.
Betula pendula Roth, gemeine Birke.
Betula tomentosa Reiter und Abel, Moorbirke.
Ranunculus sceleratus L., Hahnenfuss.
Saxifraga hirculus L.
Comarum palustre L., Sumpfauge.
Callitriche autumnalis L., Wasserstern.
Myriophyllum spicatum L., Tausendblatt.
Oenanthe aquatica (L.), Poiret.
Calluna vulgaris (L.) Hull, Heidekraut.
Menyanthes trifoliata L., Fieberklee.
Bidens tripartitus L. usw.

Aus dieser Artenliste geht zur Genüge hervor, dass es sich hier um Arten der Ebene handelt, die den heutigen durchschnittlichen Wärmeverhältnissen entsprechen. Wenn also diese Arten schon in der Abschmelzungsregion der Gletscher vorkamen, so müssen die Wärmeverhältnisse nicht weit vom Eis entfernt sicherlich derartige gewesen sein, dass die heutige Flora die nötige Wärme fand.

e) Am Rande der nordischen Vergletscherung finden sich nun bekanntlich in den untern Schichten der Torfmoore Reste von Vegetationen vor, die eine andere Zusammensetzung zeigen, als die heutige. Über den glazialen Ablagerungen liegt nämlich vielerorts eine Betula pubescens- und Populus tremula-Schicht,

auf diese folgt eine Kiefern-Schicht und erst danach Reste der Eichenperiode. Man hat diese Schichtfolge als Abbild der Entwicklung der Vegetation zur postglazialen Zeit unter dem Einfluss der zunehmenden Temperatur betrachtet. Diese Auffassung kann aber nicht aufrecht erhalten werden, nachdem gezeigt worden ist, dass schon in den Dryastonen selbst Arten der allgemeinen Wärmeverhältnisse vorkommen. Aber auch in diesen untern Schichten der Torfmoore kommen wiederum Arten vor, die in ihren Wärmeansprüchen weit höher gehen, als die damals vorherrschenden Bäume, was bereits Gunnar Andersson hervorhob. Deshalb dürfen wir wiederum diese Schichten, wie die Dryasflora, nicht als Reste der allgemeinen Vegetation betrachten, sondern nur als Gürtel, die die vereisten Gebiete umgaben. Leicht erklären sich dann die verschiedenen Gürtel durch die Nähe des Eises. Die ozeanischen Bäume konnten wegen der durch den Tauniederschlag auf den Gletschern getrockneten Winde, die durch die Nähe des Eises erzeugt oder verschärft wurden, hier nicht gedeihen. Wohl aber fanden die den heutigen Wärmebedürfnissen entsprechenden Gebüsche und Kräuter im Schutze der Birken und Föhren ihr Fortkommen.

Aus diesen und andern, hier nicht genannten Gründen geht also hervor, dass gerade die Tatsachen, auf denen die Nathorstsche Hypothese fusst, nicht in ihrem Sinne sprechen, sondern eine weitere Stütze für die Folgerungen sind, die die eingangs dargelegten Funde des glazialen Deltas von Kaltbrunn ihrerseits selbständig verlangen.

Es mag auffällig erscheinen, dass, wenn meine Annahmen richtig sind, nicht schon längst mehr solche Funde gemacht worden sind, welche diese Baumvegetation beweisen. Hierauf muss erwidert werden, dass nur wenige Fundstellen eine genaue Altersbestimmung auf geologischer Grundlage zulassen. Aber auch in vielen Fällen, wo diese möglich gewesen wäre, bestimmte man das Alter einer Ablagerung nicht nach geologischer Lagerung, sondern nach der Flora. Enthielt eine Ablagerung Baumreste, so war sie interglazial; nur wenn solche fehlten, konnte es sich um eine glaziale handeln. Die Altersbestimmung fusst also nur zu oft auf der Nathorstschen Hypothese. Muss man sich da noch wundern, dass die Fossilfunde mit dieser übereinstimmen?

Zürich, im Januar 1909.

# Über holoïde Systeme von Düotettarionen.

Von

L. Gustav Du Pasquier.

---

## § 1.

### Bezeichnungen. Über den Begriff von „ganzen" Düotettarionen.

1. Unter einem Düotettarion $t = \alpha e_1 + \beta e_2 + \gamma e_3 + \delta e_4$ versteht man eine komplexe Zahl, gebildet aus 4 unabhängigen „Haupteinheiten" $e_1$, $e_2$, $e_3$, $e_4$, für welche die Multiplikation durch folgende Tabelle definiert ist:

| | $e_1$ | $e_2$ | $e_3$ | $e_4$ |
|---|---|---|---|---|
| $e_1$ | $e_1$ | $e_2$ | 0 | 0 |
| $e_2$ | 0 | 0 | $e_1$ | $e_2$ |
| $e_3$ | $e_3$ | $e_4$ | 0 | 0 |
| $e_4$ | 0 | 0 | $e_3$ | $e_4$ |

Das Produkt $e_i e_k$ steht in derjenigen Zeile, welche links $e_i$, und in derjenigen Kolonne, welche oben $e_k$ enthält.

Die 4 Grössen $\alpha, \beta, \gamma, \delta$, welche beliebige reelle Zahlen vorstellen, heissen „Komponenten" oder „Koordinaten" des Düotettarions $t$.

Bedeuten

$$t = \alpha e_1 + \beta e_2 + \gamma e_3 + \delta e_4 \text{ und } t_1 = \alpha_1 e_1 + \beta_1 e_2 + \gamma_1 e_3 + \delta_1 e_4$$

irgend 2 Düotettarionen, so wird ihre „Summe" und ihre „Differenz" durch die Gleichung

$$t \pm t_1 = (\alpha \pm \alpha_1) e_1 + (\beta \pm \beta_1) e_2 + (\gamma \pm \gamma_1) e_3 + (\delta \pm \delta_1) e_4$$

definiert; demnach ist die Addition bei Düotettarionen assoziativ und kommutativ, und es sind Addition und Subtraktion inverse Operationen.

2. Aus obigen Definitionen folgt, dass jedes Düotettarion sich durch ein quadratisches Schema darstellen lässt:

$$t = \left\{ \begin{matrix} \alpha, \beta \\ \gamma, \delta \end{matrix} \right\};$$

ferner ist dann

$$t t_1 = \left\{ \begin{matrix} \alpha\alpha_1 + \beta\gamma_1, & \alpha\beta_1 + \beta\delta_1 \\ \gamma\alpha_1 + \delta\gamma_1, & \gamma\beta_1 + \delta\delta_1 \end{matrix} \right\}$$

d. h.: die Multiplikation der Düotettarionen untereinander wird durch dasselbe Gesetz wie die Komposition von linearen Substitutionen geregelt. Diese Multiplikation ist also im allgemeinen nicht kommutativ, wohl aber assoziativ, und mit der Addition durch die distributiven Gesetze verbunden, die durch die Formeln

$$t_1 (t_2 + t_3) = t_1 t_2 + t_1 t_3$$
$$(t_2 + t_3) t_1 = t_2 t_1 + t_3 t_1$$

ausgedrückt sind.

3. Das Düotettarion $e_1 + e_4 = \begin{Bmatrix} 1, & 0 \\ 0, & 1 \end{Bmatrix}$ spielt in unserm Systeme die Rolle der Zahl 1 und soll „Haupttettarion" heissen. Die Düotettarionen von der Gestalt $\begin{Bmatrix} r, & 0 \\ 0, & r \end{Bmatrix}$ werden „reelle Düotettarionen" genannt; ihre Eigenschaften sind nämlich identisch mit denjenigen der reellen Zahlen, und wir setzen zur Abkürzung:

$$\begin{Bmatrix} r, & 0 \\ 0, & r \end{Bmatrix} = r (e_1 + e_4) = r.$$

Die Multiplikationsregel der Düotettarionen ergibt als Spezialfall den häufig anzuwendenden Satz: Ein Düotettarion wird mit einer reellen Zahl $r$ multipliziert, indem man jede der 4 Komponenten des Tettarions mit $r$ multipliziert.

4. Jedem Düotettarion $t = \begin{Bmatrix} \alpha, & \beta \\ \gamma, & \delta \end{Bmatrix}$ lässt sich stets ein und nur ein „konjugiertes" zuordnen, das wir immer mit dem entsprechenden grossen Buchstaben unter gleichzeitiger Hinzufügung eines Akzentes bezeichnen werden:

$$T' = \begin{Bmatrix} \delta, & -\beta \\ -\gamma, & \alpha \end{Bmatrix}.$$

Die Summe

$$t + T' = \begin{Bmatrix} \alpha + \delta, & 0 \\ 0, & \alpha + \delta \end{Bmatrix} = (\alpha + \delta)(e_1 + e_4) = \alpha + \delta$$

ist immer reell und heisst „Spur" des Düotettarions $t$; Bezeichnung: $S(t)$. Man überzeugt sich ferner durch eine leichte Rechnung, dass das Produkt aus einem Düotettarion und seinem konjugierten ebenfalls immer reell ist:

$$t T' = T' t = (\alpha\delta - \beta\gamma).$$

Dieses eindeutig bestimmte Produkt heisst „die Norm von $t$" und wird mit $N(t)$ bezeichnet. Konjugierte Düotettarionen haben gleiche Spur und gleiche Norm. Ferner ist die Norm eines Produktes aus Düotettarionen gleich dem Produkt aus den Normen der einzelnen Faktoren:

$$N(t_1 t_2 \ldots\ldots t_n) = N(t_1) \cdot N(t_2) \ldots\ldots N(t_n).$$

5. Ein Düotettarion von verschwindender Norm heisst „ein Nullteiler". Ist ein Düotettarion $t$ nicht Nullteiler, so existiert stets ein und nur ein „zu $t$ reziprokes Düotettarion"

$$t^{-1} = \frac{T'}{N(t)},$$

welches die Gleichungen

$$t\,t^{-1} = t^{-1}\,t = 1$$

erfüllt. Unter Benutzung dieses Begriffes kann man bei Düotettarionen eine „linksseitige" und eine „rechtsseitige Division" definieren. Da nämlich die Faktoren in einem Produkte nicht vertauschbar sind, so gibt es 2 im allgemeinen verschiedene Quotienten eines Düotettarions $a$ durch ein Düotettarion $b$, vorausgesetzt, dass $b$ nicht Nullteiler sei; diese Quotienten sind bezüglich die Lösungen $x = a\,b^{-1}$ und $y = b^{-1}\,a$ der Gleichungen $a = x\,b$ und $a = b\,y$.

6. Aus $S(t) = t + T' = \alpha + \delta$, und $N(t) = t\,T' = \alpha\delta - \beta\gamma$ ergibt sich durch Elimination von $T'$:

$$t^2 - (\alpha + \delta)\,t + (\alpha\delta - \beta\gamma) = 0,$$

welche Gleichung den Namen „charakteristische Gleichung" erhalten hat. Jedes Düotettarion erfüllt eine charakteristische Gleichung zweiten Grades mit reellen Koëffizienten

$$t^2 - t \cdot S(t) + N(t) = 0.$$

In der Folge werden wir oft „Tettarion" statt Düotettarion schreiben, was zu keinem Missverständnis Anlass geben kann, da es sich in vorliegender Arbeit ausschliesslich um Düotettarionen handelt.

7. Ein Düotettarion heisse „rational", wenn seine sämtlichen 4 Komponenten gewöhnliche rationale Zahlen sind. Der Inbegriff aller rationalen Düotettarionen bildet einen „Tettarionenkörper" $\{R\}$, mit andern Worten: die rationalen Düotettarionen reproduzieren sich durch Addition, Subtraktion, Multiplikation und Division, abgesehen von der Division durch Nullteiler; in der Tat sind alle Summen, Differenzen, Produkte und Quotienten (insofern diese letzteren überhaupt definiert sind) von rationalen Düotettarionen wiederum rationale Düotettarionen. Wir werden in der Folge den Zusatz „rational" oft unterdrücken; es sei die Verabredung getroffen, dass von jetzt ab unter „Tettarion" schlechthin immer ein rationales Düotettarion gemeint ist.

8. Der Körper $\{R\}$ ist unter allen Düotettarionenkörpern der einfachste, und wir gehen dazu über, die Zahlentheorie dieses Körpers möglichst allgemein darzustellen. Der erste hierzu notwendige Schritt besteht darin, die betreffenden Tettarionen in „ganze" und „gebrochene"

zu scheiden. Die Theorie der allgemeinen algebraischen Zahlen würde folgende Definition nahelegen: „Ein rationales Düotettarion $t$ heisst „ganz", wenn es einer charakteristischen Gleichung zweiten Grades genügt, bei welcher der höchste Koëffizient gleich 1, die beiden andern Koëffizienten ganze rationale Zahlen sind":

$$t^2 - gt + g_1 = 0.$$

Diese Definition wäre mit der folgenden äquivalent: „ein rationales Düotettarion $t$ heisst „ganz", wenn seine Spur und seine Norm gleichzeitig ganze rationale Zahlen sind". — Alle Düotettarionen, welche unter diese Definition fallen, sind aber in ihrer Gesamtheit nicht als „ganze Zahlen" anzusehen, denn sie bilden eine Zahlenmenge, deren Elemente sich durch Addition und Multiplikation im allgemeinen nicht reproduzieren. Sind nämlich $t$ und $t_1$ so beschaffen, dass

$$S(t) = \alpha + \delta = \text{ganze Zahl, ebenso } S(t_1) = \alpha_1 + \delta_1,$$

ferner $N(t) = \alpha\delta - \beta\gamma$ und $N(t_1) = \alpha_1\delta_1 - \beta_1\gamma_1$

gleichzeitig ganze Zahlen werden, so ist zwar die Spur ihrer Summe immer wieder ganzzahlig:

$$S(t + t_1) = S(t) + S(t_1),$$

hingegen die Norm ihrer Summe im allgemeinen gebrochen:

$$\begin{aligned} N(t + t_1) &= (\alpha + \alpha_1)(\delta + \delta_1) - (\beta + \beta_1)(\gamma + \gamma_1) \\ &= N(t) + N(t_1) + (\alpha\delta_1 + \alpha_1\delta) - (\beta\gamma_1 + \beta_1\gamma). \end{aligned}$$

Ebenso wäre das Produkt aus 2 solchen Tettarionen im allgemeinen nicht wieder „ganz", weil die Spur eines solchen Produktes:

$$S(tt_1) = \alpha\alpha_1 + \beta\gamma_1 + \beta_1\gamma + \delta_1\delta$$

im allgemeinen eine gebrochene Zahl sein wird. Nun müssen wir aber von unsern noch zu definierenden „ganzen Düotettarionen" natürlich verlangen, dass sie sich durch Addition und Multiplikation reproduzieren. Die Bedingung, ganzzahlige Spur und ganzzahlige Norm zu besitzen, ist zur Charakterisierung nicht hinreichend. Man könnte die Frage aufwerfen, ob sich der oben definierte Bereich aller Düotettarionen von ganzzahliger Spur und Norm vielleicht in Teilgebiete zerlegen lässt, von denen jedes einzelne für sich ein System von „ganzen Tettarionen" wäre. Wir wollen aber diese Untersuchung hier nicht durchführen, sondern uns auf die Analogie mit den gewöhnlichen rationalen Zahlen stützen. Die ganzen rationalen Zahlen besitzen folgende 4 charakterisierenden Eigenschaften:

9. a) Sie reproduzieren sich durch Addition und Subtraktion;
   b) man kann aus einer endlichen Anzahl unter ihnen, durch ausschliessliche Anwendung von Addition und Subtraktion, alle übrigen ableiten;
   c) sie reproduzieren sich durch Multiplikation;
   d) das System der „ganzen Zahlen" kann im betreffenden Zahlenkörper nicht erweitert werden, ohne eine dieser Eigenschaften zu verlieren.

Dieselben 4 Forderungen werden wir nun an jedes System von „ganzen Düotettarionen" stellen. Um dies bequem und kurz ausdrücken zu können, hat man folgende allgemeinen Begriffe eingeführt:

(Die folgenden Definitionen sind auch in solchen Tettarionenkörpern anwendbar, bei denen die Komponenten $\alpha$, $\beta$, $\gamma$, $\delta$ beliebige Zahlen vorstellen.)

Eigenschaft a): Eine Mannigfaltigkeit $[T]$ von unendlich vielen Düotettarionen heisst „ein Modul", wenn durch Addition oder Subtraktion irgend welcher unter ihnen stets Düotettarionen erzeugt werden, die immer wieder derselben Mannigfaltigkeit $[T]$ angehören.

Eigenschaft b): Ein System $[T]$ von unendlich vielen Tettarionen bildet einen „endlichen Modul", wenn es möglich ist, in ihm die Tettarionen $t_1, t_2, \ldots\ldots t_n$ so auszuwählen, dass das ganze System $[T]$ aus allen und nur aus den Tettarionen

$$m_1 t_1 + m_2 t_2 + \cdots\cdots + m_n t_n$$

besteht, die hervorgehen, wenn $m_1, m_2, \ldots\ldots m_n$ unabhängig voneinander alle ganzen rationalen Zahlen durchlaufen. Die Tettarionen $t_1, t_2, \ldots\ldots t_n$, deren Anzahl endlich vorausgesetzt wird, heissen „eine Basis des Moduls", jedes einzelne von ihnen „ein Glied der Basis"; der Modul selbst heisst dann „ein $n$-gliedriger" und wird mit $[T] = [t_1, t_2, \ldots\ldots t_n]$ bezeichnet.

Eigenschaft c): Eine Mannigfaltigkeit $[J]$ von unendlich vielen Tettarionen heisst „ein Integritätsbereich", wenn in dieser Mannigfaltigkeit die Operationen der Addition, Subtraktion und Multiplikation unbeschränkt ausführbar sind.

Die Eigenschaft, einen Integritätsbereich zu bilden, ist für sich allein nicht genügend, um „ganze Zahlen" zu charakterisieren; dies zeigt z. B. der aus $\frac{a}{2^n}$ erzeugte Integritätsbereich ($a$ und $n$ bedeuten beliebige ganze Zahlen); es muss vielmehr die Eigenschaft b) hinzutreten:

Definition: Ein Integritätsbereich $[J]$ heisst „endlich", wenn es möglich ist, im Systeme $[J]$ eine endliche Anzahl von Tettarionen $t_1, t_2, \ldots\ldots t_n$ so auszuwählen, dass aus diesen durch ausschliessliche

Anwendung von Addition und Subtraktion alle Tettarionen des Bereiches hervorgehen. Die Tettarionen $t_1, t_2, \ldots\ldots t_n$ werden dann „eine Basis des Bereiches" genannt, und dieser selbst besteht dann aus allen und nur aus den Tettarionen $m_1 t_1 + m_2 t_2 + \ldots\ldots + m_n t_n$, wobei $m_1, m_2, \ldots\ldots m_n$ unabhängig voneinander die Gesamtheit aller ganzen rationalen Zahlen durchlaufen.

10. Schon innerhalb des Gebietes der rationalen Zahlen gibt es endliche Integritätsbereiche in unbeschränkter Anzahl, nämlich den Inbegriff sämtlicher Multipla einer bestimmt, aber beliebig gewählten Zahl; — und auch nur solche Systeme erfüllen die Eigenschaften a), b) und c) gleichzeitig. Die „ganzen Zahlen" sind nun die Elemente desjenigen unter ihnen, dor „den grössten Zahleninhalt" besitzt.

Eigenschaft d): Ein endlicher, aus Düotettarionen des Körpers $\{R\}$ gebildeter Integritätsbereich $[J_m]$ soll „maximal" genannt werden, wenn im nämlichen Zahlenkörper kein endlicher Integritätsbereich existiert, der die sämtlichen Tettarionen von $[J_m]$ und ausserdem noch andere Tettarionen enthält. — Die Elemente eines solchen maximalen Integritätsbereiches werden als „ganze Tettarionen" anzusprechen sein; je grösser nämlich der Zahleninhalt eines Systems, desto vollständiger ist dasselbe, und um so einfacher werden, a priori, die darin herrschenden Teilbarkeitsgesetze sein.

11. Als letzte Forderung ist noch die Bedingung aufzustellen, dass der betreffende maximale endliche Integritätsbereich die Zahl 1, also das Haupttettarion $e_1 + e_4$, enthalte. Das Vorkommen des Haupttettarions im Bereiche muss deswegen verlangt werden, weil man sonst ein System von „ganzen Zahlen" hätte, von welchen keine durch sich selbst teilbar wäre.

Die bisherigen Überlegungen weisen uns folgenden Weg, um zur Definition der „ganzen Düotettarionen" zu gelangen:

Erster Schritt: Alle überhaupt existierenden endlichen Integritätsbereiche $[J]$ von rationalen Düotettarionen aufzustellen, welche das Haupttettarion enthalten;

Zweiter Schritt: Unter diesen die maximalen zu bestimmen.

12. Es sei schliesslich noch an folgende Definitionen erinnert: Zwei Tettarionenmoduln (bezw. -Integritätsbereiche, oder -Körper) heissen „einander gleich" dann und nur dann, wenn sie genau dieselben Tettarionen enthalten.

13. Zwei Düotettarionen $t$ und $t_1$ sollen dann und nur dann „einander gleich" genannt werden, wenn ihre entsprechenden Komponenten einander gleich sind. Jede Gleichung zwischen Düotettarionen, $t = t_1$, hat demnach 4 Gleichungen zwischen rationalen Zahlen zur Folge.

## § 2.

## Der allgemeinste holoïde Düotettarionenbereich.

1. Im Anschluss an eine von Herrn Julius König vorgeschlagene Terminologie[1]) wollen wir unter einem „holoïden Tettarionenbereich" ein aus unendlich vielen Düotettarionen gebildetes System verstehen, welches die in § 1 unter a), b) und c) angeführten Eigenschaften besitzt und ausserdem das Haupttettarion enthält. Unsere Definition weicht dann in zwei Punkten von derjenigen ab, die Herr König gibt: erstens darin, dass in holoïden Tettarionenbereichen die Multiplikation nicht kommutativ ist, und zweitens darin, dass es in unsern „holoïden Bereichen" mehr als eine singuläre Grösse $\delta$ gibt, für welche $\delta\xi = \delta\eta$ ist, obwohl die bestimmten Grössen $\xi$ und $\eta$ verschieden sind. Abgesehen von diesen zwei Ausnahmen, die durch die Natur der Tettarionen bedingt sind, bleiben aber die übrigen wesentlichen Eigenschaften des Bereiches der ganzen Zahlen erhalten. Es erscheint daher folgende Definition gerechtfertigt:

Definition: Ein aus unendlich vielen rationalen Düotettarionen gebildeter Bereich heisse „holoïd", wenn er das Haupttettarion enthält, eine endliche Basis besitzt, und wenn ferner innerhalb des Bereiches die Operationen der Addition, Subtraktion und Multiplikation unbeschränkt ausführbar sind.

In jedem holoïden Tettarionenbereich ist es möglich, eine endliche Anzahl von Tettarionen $t_1, t_2 \ldots\ldots t_n$ derart auszuwählen, dass der Bereich aus allen und nur aus den Tettarionen

$$m_1 t_1 + m_2 t_2 + \cdots\cdots + m_n t_n$$

besteht, die man erhält, wenn man $m_1, m_2, \ldots\ldots m_n$ unabhängig voneinander die Gesamtheit aller *ganzen* rationalen Zahlen durchlaufen lässt.

Das in diesem Paragraphen verfolgte Ziel ist nun, alle überhaupt möglichen holoïden Düotettarionenbereiche aufzustellen. Wir beginnen die Untersuchung mit dem Beweise des folgenden wichtigen Satzes:

2. Lehrsatz: *In jedem aus Düotettarionen des Körpers $\{R\}$ gebildeten endlichen Modul kann man $r \leq 4$ Tettarionen $t_1, \ldots\ldots t_r$ auswählen, so dass die Tettarionen*

$$t = m_1 t_1 + \cdots\cdots + m_r t_r$$

*die sämtlichen Tettarionen des Moduls sind. Dabei dürfen $t_1, \ldots\ldots t_r$ als linear unabhängig vorausgesetzt werden. Je $r$ Düotettarionen dieser Art bilden eine Basis des Moduls.*

---

[1]) „Einleitung in die allgemeine Theorie der algebraischen Grössen", von Julius König; aus dem Ungarischen übertragen vom Verfasser; Leipzig 1903.

**Beweis:** Die Voraussetzung lautet: wir haben einen endlichen Modul $[T]$ vor uns, d. h. jedes Tettarion $t$ desselben ist rational und darstellbar in der Form

$$t = m_1 t_1 + m_2 t_2 + \cdots\cdots + m_r t_r$$

unter $m_1, m_2, \ldots\ldots m_r$ ganze rationale Zahlen verstanden. Ein beliebiges Glied $t_i$ der Basis gehört selbst dem Bereiche $[T]$ an und lässt sich in der Gestalt

$$t_i = \frac{\alpha_{1i}}{\nu_1} e_1 + \frac{\alpha_{2i}}{\nu_2} e_2 + \frac{\alpha_{3i}}{\nu_3} e_3 + \frac{\alpha_{4i}}{\nu_4} e_4$$

schreiben. Die 4 Komponenten können stets auf denselben Nenner $N_i$ gebracht werden, so dass

$$t_i = \frac{1}{N_i}\left(a_{1i} e_1 + a_{2i} e_2 + a_{3i} e_3 + a_{4i} e_4\right) \qquad i = 1, 2, \cdots\cdots r.$$

Versteht man unter $N$ das kleinste gemeinschaftliche Multiplum der $r$ Nenner $N_1, N_2, \ldots\ldots N_r$, so erkennt man:

3. Jedes Tettarion $t$ des Moduls $[T]$ ist in der Form enthalten

$$t = \frac{1}{N}\left(a_1 e_1 + a_2 e_2 + a_3 e_3 + a_4 e_4\right),$$

wobei $a_1, a_2, a_2, a_4$ gewisse mit $t$ veränderliche ganze rationale Zahlen, und $N$ eine feste, nur vom Modul $[T]$ abhängige Zahl, bedeuten.

Den Beweis, dass die Anzahl $r$ der Basisglieder sich herabdrücken lässt bis auf höchstens 4, zerlegen wir in vier Teile:

a) Im vorgelegten Modul $[T]$ suchen wir alle diejenigen Tettarionen auf, deren erste Komponente $\frac{a_1}{N}$ nicht verschwindet; sollten solche in $[T]$ überhaupt nicht vorkommen, so würden wir gleich zum zweiten Teile des Beweises, zu b), übergehen. Gibt es aber in $[T]$ Tettarionen, bei welchen $a_1 \neq 0$, so existiert unter denselben gewiss eines, für welches diese erste Komponente $\frac{a_1}{N}$, absolut genommen, möglichst klein, aber doch nicht Null ist:

$$0 < \frac{a_1^{(1)}}{N} = \text{Minimum aller } \left|\frac{a_1}{N}\right|.$$

Dieses Tettarion (eventuell eines unter ihnen) heben wir heraus und bezeichnen es mit $\varepsilon_1$; da es in $[T]$ auftritt, lässt es sich in der Gestalt schreiben:

$$\varepsilon_1 = \frac{1}{N}\left(a_1^{(1)} e_1 + a_2^{(1)} e_2 + a_3^{(1)} e_3 + a_4^{(1)} e_4\right),$$

unter $N$ die nur vom Modul $[T]$ abhängende feste Zahl verstanden. Wir wissen also, dass die erste Komponente irgend eines Tettarions

aus $[T]$ entweder Null ist, oder ihrem absoluten Betrage nach mindestens gleich $\frac{a_1^{(1)}}{N}$. Nun zeigen wir, dass man eine ganze rationale Zahl $\lambda$ stets so bestimmen kann, dass die erste Komponente von

$$t - \lambda\varepsilon_1 = \frac{1}{N}\left((a_1 - \lambda a_1^{(1)})\, e_1 + (a_2 - \lambda a_2^{(1)})\, e_2 + \cdots\cdots\right)$$

verschwindet. Es bilden nämlich die Zahlen

$$0, 1, 2, \ldots\ldots, n, \ldots\ldots (a_1^{(1)} - 1)$$

ein vollständiges Restsystem *mod* $a_1^{(1)}$; folglich ist $a_1$ irgend einer unter ihnen, etwa der Zahl $n < a_1^{(1)}$, kongruent (*mod* $a_1^{(1)}$)

$$a_1 \equiv n \ (mod\ a_1^{(1)}), \text{ woraus } a_1 - \lambda a_1^{(1)} = n < a_1^{(1)}.$$

Da aber $t - \lambda\varepsilon_1 = s$ ein Düotettarion ist, welches zugleich mit $t$ und $\varepsilon_1$ im Modul $[T]$ auftritt, so muss, infolge der über $\varepsilon_1$ getroffenen Annahme, die erste Komponente $\frac{1}{N}\left(a_1 - \lambda a_1^{(1)}\right)$ verschwinden, d. h.:

$$a_1 - \lambda a_1^{(1)} = 0.$$

Man sieht zugleich ein, dass diese Zahl $\lambda$ eindeutig bestimmt ist, sobald $t$ gegeben wird. Um uns später auf dieses Resultat beziehen zu können, wollen wir es in folgendem Hilfssatze hervorheben:

4. *Liegt ein beliebiges Düotettarion $t_n$ aus einem endlichen Modul $[T]$ vor, so ist es stets möglich, eine eindeutig bestimmte ganze Zahl $\lambda_n$ so zu wählen, dass die erste Komponente von $t_n - \lambda_n\varepsilon_1$ identisch verschwindet, wenn $\varepsilon_1$ die vorhin angegebene Bedeutung hat.*

Wir denken uns nun zu jedem Tettarion $t_n$ aus $[T]$ die zugehörige ganze Zahl $\lambda_n$ bestimmt und die Differenz $t_n - \lambda_n\varepsilon_1 = s_n$ gebildet. Jedes $s_n$ ist ein Düotettarion des Moduls $[T]$ und hat eine verschwindende erste Komponente. Die Gesamtheit aller $s_n$ bildet wieder einen endlichen Modul $[T_1]$.

b) Alle Tettarionen $s$ des nunmehr in Betracht fallenden Moduls $[T_1]$ sind in der Form enthalten:

$$s = t - \lambda\varepsilon_1 = \frac{1}{N}\left(a_2 e_2 + a_3 e_3 + a_4 e_4\right).$$

Wir suchen alle diejenigen auf, deren zweite Komponente $\frac{a_2}{N}$ nicht verschwindet. Kommen solche in $[T_1]$ überhaupt nicht vor, so gehen wir gleich zum dritten Teile des Beweises, zu c), über; treten aber im Modul $[T_1]$ Tettarionen mit nicht verschwindender zweiter Komponente auf: $a_2 \neq 0$, so existiert unter den absoluten Beträgen dieser zweiten Komponenten sicher ein von Null verschiedenes Minimum:

$$0 < \frac{a_2^{(2)}}{N} = \text{Minimum aller } \left|\frac{a_2}{N}\right|,$$

also auch mindestens ein Tettarion $\varepsilon_2$,

$$\varepsilon_2 = \frac{1}{N}\left(a_2^{(2)} e_2 + a_3^{(2)} e_3 + a_4^{(2)} e_4\right),$$

dessen zweite Komponente gerade gleich diesem Minimum ist. Die Anwendung des vorhin bewiesenen Hilfssatzes 4. ergibt jetzt: Jedem Tettarion $s_n$ des endlichen Moduls $[T_1]$ lässt sich eine unzweideutig bestimmte ganze Zahl $\mu_n$ so zuordnen, dass auch die zweite Komponente von $s_n - \mu_n \varepsilon_2$ identisch verschwindet.

Zu jedem $s_n$ denken wir das zugehörige $\mu_n$ bestimmt und bilden die sämtlichen Differenzen

$$s_n - \mu_n \varepsilon_2 = (t_n - \lambda_n \varepsilon_1) - \mu_n \varepsilon_2 = u_n.$$

Die Gesamtheit aller $u_n$ bildet einen endlichen Modul $[T_2]$, der vollständig im ursprünglichen $[T]$ enthalten ist.

c) Jedes Tettarion $u$ des jetzt in Betracht fallenden Moduls $[T_2]$ hat die Gestalt

$$u = t - \lambda \varepsilon_1 - \mu \varepsilon_2 = \frac{1}{N}\left(a_3 e_3 + a_4 e_4\right).$$

Auf den Bereich $[T_2]$ wenden wir ganz analoge Schlüsse an wie vorhin auf $[T_1]$ und auf $[T]$: Sind nicht alle dritten Komponenten $\frac{a_3}{N}$ der Tettarionen $u$ bereits Null, so existiert im Bereiche $[T_2]$ mindestens ein Tettarion

$$\varepsilon_3 = \frac{1}{N}\left(a_3^{(3)} e_3 + a_4^{(3)} e_4\right),$$

dessen dritte Komponente $\frac{a_3^{(3)}}{N}$ nicht Null, aber ihrem absoluten Betrage nach doch möglichst klein ist. Unter Anwendung des Hilfssatzes 4. auf den Bereich $[T_2]$ findet man eine eindeutig bestimmte ganze Zahl $\nu_n$ von solcher Beschaffenheit, dass auch die dritte Komponente von $v_n = u_n - \nu_n \varepsilon_3$ identisch verschwindet. Denkt man sich nun die sämtlichen Differenzen

$$u_n - \nu_n \varepsilon_3 = (t_n - \lambda_n \varepsilon_1 - \mu_n \varepsilon_2) - \nu_n \varepsilon_3 = v_n$$

gebildet, so ist die Gesamtheit aller $v_n$ ein endlicher Modul $[T_3]$, der im ursprünglichen $[T]$ vollständig enthalten ist.

d) Alle Tettarionen $v$ aus $[T_3]$ besitzen die Gestalt:

$$v = t - \lambda \varepsilon_1 - \mu \varepsilon_2 - \nu \varepsilon_3 = \frac{1}{N} \cdot \left(a_4 e_4\right).$$

Aus denselben Gründen wie vorhin folgern wir jetzt, wenn die Tet-

tarionen $v$ nicht alle Null sind: die Existenz von $a_4^{(4)}$ = Minimum aller $|a_4|$, hieraus die Existenz eines $\varepsilon_4 = \frac{1}{N} a_4^{(4)} e_4$, und hieraus endlich die Existenz einer, einem beliebigen $v_n$ zugeordneten, eindeutig bestimmten, ganzen Zahl $\varrho_n$ von der Eigenschaft, dass

$$v_n - \varrho_n \varepsilon_4 = 0.$$

Nach Einsetzen aller Ausdrücke wird

$$t_n = \lambda_n \varepsilon_1 + \mu_n \varepsilon_2 + \nu_n \varepsilon_3 + \varrho_n \varepsilon_4.$$

Diese Gleichung drückt gerade den zu beweisenden Satz aus, denn $t_n$ bedeutet ein ganz beliebiges Tettarion des vorgelegten Moduls $[T]$, und $\lambda_n$, $\mu_n$, $\nu_n$, $\varrho_n$ rationale ganze Zahlen, die durch $t_n$ eindeutig bestimmt sind, während die Tettarionen $\varepsilon_1$, $\varepsilon_2$, $\varepsilon_3$, $\varepsilon_4$, von denen einige verschwinden können, nur vom Modul $[T]$ abhängen und als Basis desselben gewählt werden können.

5. Aus obigem Beweise kann man ferner folgendes ersehen: Lehrsatz: *Es ist immer möglich, die $r \leqq 4$ Glieder einer Basis $t_1, \ldots, t_r$ eines endlichen Tettarionenmoduls $[T]$ so zu wählen, dass sich das erste Glied $t_1$ aus nur einer Haupteinheit, das zweite Glied $t_2$ aus höchstens zwei Haupteinheiten, usw. ableiten lässt.*

Dieser Satz lehrt, dass eine Basis $(B)$ eines endlichen Moduls $[T]$ manchmal „reduziert" werden kann, ohne dass dadurch der Modul $[T]$ selbst sich im geringsten änderte, d. h.: der aus der neuen „reduzierten Basis" abgeleitete Modul enthält genau dieselben Grössen wie der ursprüngliche $[T]$, und umgekehrt. Zur Charakterisierung eines Moduls genügt es somit, die „möglichst reduzierte Basis" anzugeben. Eine Basis kann dann als irreduzibel gelten, wenn alle ihre Glieder linear unabhängig sind.

6. Wir werden von vorneherein $r = 4$ annehmen, d. h. nur solche endlichen Moduln ins Auge fassen, deren Basis aus 4 voneinander unabhängigen Tettarionen $t_1$, $t_2$, $t_3$, $t_4$ besteht. Die irreduzible Basis eines solchen Moduls darf, nach obigem Lehrsatze 5., in folgender Gestalt angenommen werden:

$$(B): \quad \begin{aligned} t_1 &= \alpha_1 e_1 + \beta_1 e_4 + \gamma_1 e_3 + \delta_1 e_2 \\ t_2 &= \alpha_2 e_1 + \beta_2 e_4 + \gamma_2 e_3 \\ t_3 &= \alpha_3 e_1 + \beta_3 e_4 \\ t_4 &= \alpha_4 e_1 \end{aligned}$$

Die Komponenten $\alpha_1, \beta_1, \gamma_1, \ldots\ldots \alpha_4$ sind 10 noch näher zu bestimmende rationale Zahlen.

*Ist* $\alpha_4 = 0$, so wird der Modul dreigliedrig; *ist* $\beta_3 = 0$, so existieren zwei ganze nicht gleichzeitig verschwindende Zahlen $m_3$ und $m_4$ der Art, dass

$$m_3 t_3 - m_4 t_4 = 0.$$

*Ist* $\gamma_2 = 0$, so kann man zunächst zwei ganze Zahlen $m_2$ und $m_3$ so bestimmen, dass der Koëffizient von $e_4$ in

$$m_2 t_2 - m_3 t_3 = (m_2 \alpha_2 - m_3 \alpha_3) e_1 + (m_2 \beta_2 - m_3 \beta_3) e_4$$

verschwindet, dann zwei weitere ganze Zahlen $m_4$ und $m_4'$ der Art, dass

$$m_4' (m_2 t_2 - m_3 t_3) - m_4 t_4 = 0.$$

*Ist* $\delta_1 = 0$, so ist es möglich, durch geeignete Wahl der ganzen Zahlen $m_1, m_2, m_3, m_3', m_4, m_4'$ nacheinander auf Null zu reduzieren:

den Koëffizienten von $e_3$ in: $m_1 t_1 - m_2 t_2$; dann
„ „ „ $e_4$ „: $m_3 (m_1 t_1 - m_2 t_2) - m_3' t_3$; schliesslich
„ „ „ $e_1$ „: $m_4 \{m_3 (m_1 t_1 - m_2 t_2) - m_3' t_3\} - m_4' t_4$.

Man erhält so die Gleichung

$$m_1 m_3 m_4 \cdot t_1 - m_2 m_3 m_4 t_2 - m_3' m_4 t_3 - m_4' t_4 = 0.$$

In allen diesen Fällen besteht eine lineare Beziehung zwischen den Gliedern der Basis, diese ist somit nicht irreduzibel. Da wir aber ausdrücklich voraussetzen wollen, der betrachtete Modul $[T]$ sei wirklich viergliedrig, können wir folgendes aussagen:

7. *Von den 10 in einer irreduziblen Basis* $(B)$ *auftretenden Koëffizienten dürfen* $\delta_1, \gamma_2, \beta_3, \alpha_4$ *nicht verschwinden.*

8. Hätte der endliche Modul $[T]$, den wir jetzt betrachten, eine einzige Basis von der Gestalt $(B)$, so wären die 10 rationalen Koëffizienten $\alpha_1, \beta_1, \gamma_1, \ldots\ldots \alpha_4$ eindeutig bestimmt. Wir wollen jetzt untersuchen, ob und inwieweit diese Koëffizienten willkürlich sind. Zu diesem Zwecke nehmen wir an, derselbe Modul $[T]$ lasse sich noch aus einer andern Basis $(B')$ von derselben Gestalt wie $(B)$ ableiten, etwa aus folgender:

$$(B'): \quad \begin{aligned} t_1' &= \alpha_1' e_1 + \beta_1' e_4 + \gamma_1' e_3 + \delta_1' e_2 \\ t_2' &= \alpha_2' e_1 + \beta_2' e_4 + \gamma_2' e_3 \\ t_3' &= \alpha_3' e_1 + \beta_3' e_4 \\ t_4' &= \alpha_4' e_1 \end{aligned}$$

Unsere Voraussetzung lautet: Jedes Tettarion $t$ aus $[T]$ ist sowohl durch die $t_i$ als auch durch die $t_i'$ linear ausdrückbar:

$$t_4 = \alpha_4 e_1 = m_1' t_1' + m_2' t_2' + m_3' t_3' + m_4' t_4'.$$

Berücksichtigt man die Definition der Gleichheit zweier Düotettarionen (§ 1, 13.), so findet man

$$m_1' = m_2' = m_3' = 0;\ m_4' t_4' = t_4;\ \text{ebenso } m_4 t_4 = t_4'.$$

Durch Elimination von $t_4'$:

$$m_4 m_4' t_4 = t_4, \text{ woraus } m_4 = m_4' = \pm 1, \text{ und } t_4' = \pm t_4$$

folgt, d. h.: das letzte Basisglied $t_4$ ist bis aufs Vorzeichen eindeutig bestimmt. Wir wählen $t_4' = t_4$. Nochmalige Anwendung der Voraussetzung ergibt

$$t_3 = m_1' t_1' + m_2' t_2' + m_3' t_3' + m_4' t_4',$$

und Berücksichtigung von § 1, 13.:

$$m_1' = m_2' = 0; \quad t_3 = m_3' t_3' + m_4' t_4' = m_3' t_3' + m_4' t_4.$$

Aus analogen Gründen ist

$$t_3' = m_3 t_3 + m_4 t_4, \quad t_3 (1 - m_3 m_3') - t_4 (m_4' + m_4 m_3') = 0.$$

Diese Relation steht aber, so lange die Koëffizienten von $t_3$ und $t_4$ nicht identisch verschwinden, im Widerspruche mit der Voraussetzung der Irreduzibilität der Basis $(B)$. Aus dem notwendigen Verschwinden dieser 2 Koëffizienten ergibt sich, da alle $m_i$ ganzzahlig sein müssen.

$$m_3 = m_3' = \pm 1; \quad m_4 = m_4',$$

woraus weiter

$$t_3' = \pm t_3 \pm m_4 t_4,$$

d. h.: das vorletzte Basisglied $t_3$ kann ersetzt werden durch $\pm t_3 + m_3 t_4$. Anwendung unserer Voraussetzung auf $t_2$ und $t_2'$ und Berücksichtigung von § 1, 13. ergibt einerseits

$$t_2' = n_2 t_2 + n_3 t_3 + n_4 t_4,$$

andererseits

$$t_2 = n_2' t_2' + n_3' t_3' + n_4' t_4'.$$

Die letztere Gleichung geht über in

$$t_2 (1 - n_2 n_2') \pm t_3 (n_3' - n_2' n_3) + t_4 (n_4' - n_3' m_3 - n_2' n_4) = 0.$$

Die vorausgesetzte Irreduzibilität der Basis $(B)$ erfordert das identische Verschwinden der Koëffizienten von $t_2$, $t_3$ und $t_4$, woraus folgt:

$$n_2' = n_2 = \pm 1, \text{ dann } n_3' = \pm n_3,$$

schliesslich

$$n_4 - \pm n_3 m_3 + n_4 = \text{beliebige ganze Zahl};$$

das zweite Basisglied $t_2$ kann ersetzt werden durch

$$t_2' = + t_2 + m_2 t_3 + n_2 t_4,$$

unter $m_2$ und $n_2$ beliebige ganze Zahlen verstanden.

Zum Schluss ergibt die Anwendung unserer Voraussetzung auf $t_3$ und $t_1'$:

einerseits $t_1' = p_1 t_1 + p_2 t_2 + p_3 t_3 + p_4 t_4$
andererseits $t_1 = p_1' t_1' + p_2' t_2' + p_3' t_3' + p_4' t'$ } $p_i$ und $p_i'$ ganze Zahlen.

Die letztere Gleichung geht in folgende über:

$$t_1 (1 - p_1 p_1') \pm t_2 (p_2' - p_1' p_2) \pm t_3 (p_3' - m_2 p_2' - p_3 p_1') \pm t_4 (p_4' - p_3' m_3 - p_2' n_2 - p_1' p_4) = 0.$$

Diese lineare Beziehung zwischen den $t_i$ muss eine Identität sein, da sonst die Basis $(B)$ nicht irreduzibel wäre; also muss jeder der vier Koëffizienten der $t_i$ identisch verschwinden, woraus folgt:

$$p_1 = p_1' = \pm 1; \quad p_2' = \pm p_2; \quad \text{dann } p_3' = \pm p_3 \pm p_2 m_2;$$

schliesslich

$$p_4' = \pm p_4 \pm p_3' m_3 \pm p_2 n_2 = \text{beliebige ganze Zahl.}$$

Das erste Basisglied $t_1$ kann ersetzt werden durch

$$t_1' = \pm t_1 + m_1 t_2 + n_1 t_3 + p_1 t_4.$$

Das zusammenfassende Resultat dieser Überlegungen ist der folgende

9. Lehrsatz: *Bedeutet* $[T]$ *einen aus Düotettarionen des Körpers* $\{R\}$ *gebildeten endlichen Modul mit der Basis*

$$(B): \quad \begin{aligned} t_1 &= \alpha_1 e_1 + \beta_1 e_4 + \gamma_1 e_3 + \delta_1 e_2 \\ t_2 &= \alpha_2 e_1 + \beta_2 e_4 + \gamma_2 e_3 \\ t_3 &= \alpha_3 e_1 + \beta_3 e_4 \\ t_4 &= \alpha_4 e_1 \end{aligned}$$

*so ist jede Basis* $(B')$ *von* $[T]$, *welche dieselbe Gestalt wie* $(B)$ *haben soll, in der Form enthalten:*

$$(B'): \quad \begin{aligned} t_1' &= \pm t_1 + m_1 t_2 + n_1 t_3 + p_1 t_4 \\ t_2' &= \pm t_2 + m_2 t_3 + n_2 t_4 \\ t_3' &= \pm t_3 + m_3 t_4 \\ t_4' &= \pm t_4 \end{aligned}$$

Hierbei bedeuten die 6 Grössen $m_1, n_1, p_1, m_2, n_2, m_3$ beliebige ganze Zahlen.

Obiges vorausgeschickt, können wir die charakterisierende Forderung aufstellen, der betrachtete Modul $[T]$ mit der endlichen Basis $(B)$ solle zugleich ein Integritätsbereich sein, der das Haupttettarion enthält, mit andern Worten: wir nehmen jetzt an, das System $[T]$ sei ein holoïder Tettarionenbereich. Dann müssen jedenfalls die 16 Produkte $t_i \cdot t_k$ sich linear durch die $t_i$ ausdrücken lassen; hieraus folgt

$$t_4^2 = \alpha_4^2 e_1 = \lambda_1 t_1 + \lambda_2 t_2 + \lambda_3 t_3 + \lambda_4 t_4.$$

Unter Berücksichtigung von § 1, 13.:

$$\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda_3 = 0,$$

$$t_4^2 = \alpha_4^2 e_1 = \lambda_4 t_4 = \lambda_4 \alpha_4 e_1,$$

$\alpha_4 = \lambda_4 =$ ganze Zahl, etwa gleich $g \neq 0$; somit muss $t_4 = g e_1$ sein.

$$t_3 t_4 = (\alpha_3 e_1 + \beta_3 e_4)\, g e_1 = \alpha_3 g e_1 = n_1 t_1 + n_2 t_2 + n_3 t_3 + n_4 t_4.$$

Da $e_2$, $e_3$, $e_4$ links nicht auftreten, müssen sie auch rechts wegfallen, was $n_1 = n_2 = n_3 = 0$ erfordert; es bleibt

$$\alpha_3 g e_1 = n_4 t_4 = n_4 g e_1, \text{ woraus: } \alpha_3 = n_4 = \text{ganze Zahl.}$$

$$t_3^2 = (n_4 e_1 + \beta_3 e_4)(n_4 e_1 + \beta_3 e_4) = n_4^2 e_1 + \beta_3^2 e_4 = m_1 t_1 + m_2 t_2 + m_3 t_3 + m_4 t_4.$$

Aus der Gleichheit entsprechender Komponenten entspringt unter anderm die Bedingung

$\beta_3^2 = m_3 \beta_3$; $\beta_3 = m_3 =$ ganze Zahl, demnach $t_3 = n_4 e_1 + m_3 e_4$.

Da der Bereich $[T]$ das Haupttettarion enthalten soll, müssen folgende Gleichungen bestehen:

$$e_1 + e_4 = p_1 t_1 + p_2 t_2 + p_3 t_3 + p_4 t_4 = p_3 t_3 + p_4 t_4,$$

weil $e_2$ und $e_3$ ausfallen; das Gleichsetzen entsprechender Komponenten ergibt weiter:

Koëffizient von $e_4$: $1 = p_3 m_3$, also $p_3 = m_3 = \pm 1$,

„ „ $e_1$: $1 = p_3 n_4 + p_4 g = \pm n_4 + p_4 g$,

woraus $n_4 = \pm (1 - p_4 g)$.

Das vorletzte Basisglied muss also die Gestalt haben:

$$t_3 = n_4 e_1 + \beta_3 e_4 = + (1 - p_4 g)\, e_1 + m_3 e_4.$$

Jetzt wenden wir den 9. Lehrsatz an und ersetzen $t_3$ durch

$t_3' = \pm t_3 + p_4 t_4$, dann wird

$$t_3' = (1 - p_4 g)\, e_1 \pm m_3 e_4 + p_4 \cdot g e_1 = e_1 \pm m_3 e_4 = e_1 + m_3' e_4.$$

$e_1 + e_4 = p_3' t_3' + p_4' t_4$ erfordert: $\begin{cases} 1 = p_3' m_3'; \text{ also } p_3' = m_3' = \pm 1, \\ 1 = p_3' + p_4' g, \text{ also } p_4' g = 1 \mp 1. \end{cases}$

Die Annahme $m_3' = -1$ würde $g = \pm 1$, oder $g = +2$ nach sich ziehen. Die Annahme $m_3' = +1$ erfordert $p_4' = 0$, $g$ beliebig, ist also die allgemeinere, da sie den Wert $g = \pm 1$ oder $\pm 2$ als Spezialfall in sich schliesst. Wir wählen demnach $m_3' = p_3' = 1$, woraus

$t_3' = e_1 + e_4$. Soll $g \neq 0$ beliebige ganzzahlige Werte annehmen können, so hat die Basis unseres Moduls $[T]$ die Form:

$$(B): \quad \begin{aligned} t_1 &= \alpha_1 e_1 + \beta_1 e_4 + \gamma_1 e_3 + \delta_1 e_2 \\ t_2 &= \alpha_2 e_1 + \beta_2 e_4 + \gamma_2 e_3 \\ t_3 &= e_1 + e_4 \\ t_4 &= g e_1 . \end{aligned}$$

Zugleich mit $t_2$ und $t_4$ soll in $[T]$ enthalten sein:

$$\begin{aligned} t_2 t_4 &= (\alpha_2 e_1 + \beta_2 e_4 + \gamma_2 e_3) g e_1 = g \alpha_2 e_1 + g \gamma_2 e_3 \\ &= n_1 t_1 + n_2 t_2 + n_3 t_3 + n_4 t_4 . \end{aligned}$$

Aus dem Gleichsetzen entsprechender Komponenten entspringen die Gleichungen:

Koëffizient von $e_2$:

$0 = n_1 \delta_1$, also $n_1 = 0$, weil $\delta_1 \neq 0$ vorausgesetzt ist,

Koëffizient von $e_3$:

$g \gamma_2 = n_2 \gamma_2$, also $n_2 = g$, weil $\gamma_2 \neq 0$ vorausgesetzt ist,

Koëffizient von $e_4$:

$0 = n_2 \beta_2 + n_3$, also $n_3 = - n_2 \beta_2 = - g \beta_2$,

Koëffizient von $e_1$:

$g \alpha_2 = n_2 \alpha_2 + n_3 + n_4 g$, also, weil $g \neq 0$:

$\beta_2 = n_4 =$ ganze Zahl, etwa $= b$,

und demnach $t_2 = \alpha_2 e_1 + b e_4 + \gamma_2 e_3$.

Aus der Forderung, es solle auch $t_4 t_2$ in $[T]$ enthalten sein, schliesst man in ähnlicher Weise, dass $\alpha_2$ ganzzahlig sein muss, etwa $\alpha_2 = a$, so dass $t_2 = a e_1 + b e_4 + \gamma_2 e_3$. Gestützt auf den 9. Lehrsatz ersetze man dieses Basisglied durch $t_2' = t_2 - a t_3$. Bedeutet $g_1$ eine willkürliche ganze Zahl, so ist die definitive Gestalt dieses Basisgliedes

$$t_2 = g_1 e_4 + \gamma_2 e_3 .$$

Die Diskussion von $t_2^2$ liefert keine weiteren Bedingungen für die Komponenten, ebenso wenig $t_1 t_3 = t_3 t_1 = t_1$, so dass nur noch zu untersuchen übrig bleibt, unter welchen Bedingungen die Produkte

$$t_1 t_4, \; t_4 t_1, \; t_1 t_2, \; t_2 t_1, \; t_1^2$$

im Modul $[T]$ enthalten sind. Zum Auffinden dieser Bedingungen hat man nur zu berücksichtigen, dass jedes dieser 5 Produkte als lineare Funktion der $t_i$ darstellbar sein muss, und in den hieraus entspringenden 5 Gleichungen jeweilen entsprechende Komponenten einander gleichzusetzen. Auf diese Weise ergibt sich aus der Betrachtung von $t_4 t_1$ die Bedingung:

$$t_1 = \alpha_1 e_1 + \left(n_4 - \frac{n_2 g_1}{g}\right) e_4 - \frac{n_2 \gamma_2}{g} e_3 + \delta_1 e_2,$$

ferner, aus der Diskussion von $t_1 t_4$ und Anwendung des 9. Lehrsatzes:

$$t_1 = \left(g_3 - \frac{g_1 g_2}{g}\right) e_1 + \frac{g_1 g_2}{g} e_4 + \frac{g_2 \gamma_2}{g} e_3 + \delta_1 e_2,$$

wobei $g_2$ und $g_3$ beliebige ganze Zahlen bedeuten; aus der Forderung, $t_1 t_2$ solle im Modul $[T]$ enthalten sein, entspringt die Bedingung:

$$(I): \qquad \delta_1 \gamma_2 = g_1 g_3 + g g_4 - \frac{g_1^2 g_2}{g},$$

in welcher $g_4$ eine willkürliche ganze Zahl vorstellt. Man überzeugt sich durch eine leichte Rechnung, dass dann $t_1 t_2 = g_1 t_1 + g_4 t_4$, ferner $t_2 t_1 = g_3 t_2 + g g_4 t_3 - g_4 t_4$, schliesslich $t_1^2 = g_3 t_1 + g_2 g_4 t_3$.

Wir sind demnach zu folgendem Resultate gelangt: Wenn ein endlicher Modul $[T]$ die Basis $(B)$ besitzt:

$$(B): \quad \begin{aligned} t_1 &= \frac{g g_3 - g_1 g_2}{g} e_1 + \frac{g_1 g_2}{g} e_4 + \frac{g_2 \gamma_2}{g} e_3 + \delta_1 e_2 \\ t_2 &= g_1 e_4 + \gamma_2 e_3 \\ t_3 &= e_1 + e_4 \\ t_4 &= g e_1 \end{aligned}$$

und zugleich die Beziehung $(I)$ stattfindet, so lassen sich alle 16 Produkte $t_i t_k$ $(i, k = 1, 2, 3, 4)$ linear mit ganzzahligen Koëffizienten durch $t_1, t_2, t_3, t_4$ ausdrücken; d. h. aber: sie sind selbst im Modul $[T]$ enthalten. Dasselbe gilt dann auch von allen höheren Potenzen $t_i^r$, sowie von allen Potenzprodukten

$$t_i^{r_1} t_k^{s_1} t_i^{r_2} t_k^{s_2} \ldots\ldots t_k^{s_n},$$

demnach auch von jeder Summe oder Differenz solcher Potenzprodukte. Mit andern Worten: im endlichen Modul $[T]$ ist dann nicht nur Addition und Subtraktion, sondern auch die Multiplikation unbeschränkt ausführbar. Derselbe ist infolgedessen zugleich ein Integritätsbereich, und da er das Haupttettarion („die Zahl 1") enthält, fällt er unter die Definition der holoïden Düotettarionenbereiche. Zugleich ist er der „allgemeinste" im Körper $\{R\}$, da wir beim Aufsuchen der Gestalt seiner Basis keine willkürliche Annahme gemacht, sondern nur zwingende Schlüsse gezogen haben.

Das Resultat der ganzen Untersuchung ist folgender Fundamentalsatz:

10. Fundamentalsatz. *Der allgemeinste, mit vier linear unabhängigen Düotettarionen gebildete, holoïde Bereich des Körpers* $\{R\}$ *besitzt die Basis* $(B)$*:*

$$(B):\quad t_1 = \begin{Bmatrix} \frac{g g_3 - g_1 g_2}{g}, & \delta_1 \\ \frac{g_2 \gamma_2}{g}, & \frac{g_1 g_2}{g} \end{Bmatrix}, \quad t_2 = \begin{Bmatrix} 0, 0 \\ \gamma_2, g_1 \end{Bmatrix}, \quad t_3 = \begin{Bmatrix} 1, 0 \\ 0, 1 \end{Bmatrix}, \quad t_4 = \begin{Bmatrix} g, 0 \\ 0, 0 \end{Bmatrix}$$

*Dabei sind $g, g_1, g_2, g_3$ beliebige ganze Zahlen, $g$ von Null verschieden, $\delta_1$ und $\gamma_2$ von Null verschiedene rationale Zahlen, welche der Bedingung*

$$(I):\qquad \gamma_2 \delta_1 = g_1 g_3 + g g_4 - \frac{g_1^2 g_2}{g}$$

*genügen, wobei $g_4$ eine beliebige ganze Zahl bedeutet.*

11. Bedeuten $r_1$, $r_2$, $r_3$, $r_4$ beliebige reelle Zahlen, so kann man die obigen $t_1$, $t_2$, $t_3$, $t_4$, ähnlich wie bisher $e_1$, $e_2$, $e_3$, $e_4$, als die vier „Haupteinheiten" eines Systems von komplexen Zahlen betrachten, welches aus der Gesamtheit aller

$$r_1 t_1 + r_2 t_2 + r_3 t_3 + r_4 t_4$$

besteht. Die Multiplikationsregeln dieser „Haupteinheiten" lassen sich dann in folgender Tabelle zusammenfassen:

| | $t_1$ | $t_2$ | $t_3$ | $t_4$ |
|---|---|---|---|---|
| $t_1$ | $g_3 t_1 + g_2 g_4 t_2$ | $g_1 t_1 + g_4 t_4$ | $t_1$ | $g_2 t_2 - g_1 g_2 t_3 + g_3 t_4$ |
| $t_2$ | $g_3 t_2 + g g_4 t_3 - g_4 t_4$ | $g_1 t_2$ | $t_2$ | $g t_2 - g g_1 t_3 + g_1 t_4$ |
| $t_3$ | $t_1$ | $t_2$ | $t_3$ | $t_4$ |
| $t_4$ | $g t_1 - g_2 t_2$ | 0 | $t_4$ | $g t_4$ |

Der Wert des Produktes $t_i t_k$ steht in derjenigen Zeile, die links $t_i$, und in derjenigen Kolonne, die oben $t_k$ enthält.

12. Im Vorhergehenden ist nachgewiesen, dass es unendlich viele holoïde Düotettarionenbereiche gibt; ein solcher hängt nämlich von den Grössen $g, g_1, g_2, g_3, g_4, \gamma_2, \delta_1$ ab; hält man nun diese sieben Grössen fest und lässt die vier Zahlen $n_1$, $n_2$, $n_3$, $n_4$ unabhängig voneinander alle ganzen Zahlen durchlaufen, so bildet die Gesamtheit aller Düotettarionen

$$t = n_1 t_1 + n_2 t_2 + n_3 t_3 + n_4 t_4$$

einen holoïden Bereich. Ein solcher ist demnach durch die sieben Grössen $g, g_i, \gamma_2, \delta_1$ $(i = 1, 2, 3, 4)$ vollständig bestimmt; zur Abkürzung wollen wir ihn mit $[g_i, \gamma_2, \delta_1]$ bezeichnen. Unter diesem Symbol ist also der Inbegriff aller Düotettarionen

$$t = \begin{Bmatrix} n_1\left(g_3 - \frac{g_1 g_2}{g}\right) + n_3 + n_4 g, & n_1 \delta_1 \\ \gamma_2\left(n_1 \frac{g_2}{g} + n_2\right), & n_1 \frac{g_1 g_2}{g} + n_2 g_1 + n_3 \end{Bmatrix}$$

bei veränderlich gedachten $n_i$ und festgehaltenen $g$, $g_i$, $\gamma_2$, $\delta_1$ zu verstehen.

Jeder holoïde Düotettarionenbereich enthält die Zahl 1, nämlich das Haupttettarion $e_1 + e_4$, folglich auch alle rationalen ganzen Zahlen.

Das im obigen Fundamentalsatze 10. niedergelegte Ergebnis wollen wir noch in anderer Form ausdrücken.

13. Setzt man die rationalen Zahlen $\gamma_2$ und $\delta_1$ in Bruchform:

$$\gamma_2 = \frac{a}{c}, \quad \delta_1 = \frac{b}{d},$$

so verwandelt sich die Bedingungsgleichung (I) in folgende:

$$\frac{a\,b}{c\,d} = g_1 g_3 + g g_4 - \frac{g_1^2 g_2}{g}.$$

Hieraus ersieht man, dass der Quotient $\frac{c\,d\,g_1^2 g_2}{g}$ ganzzahlig sein muss; die in der Zahl $g$ enthaltenen Primfaktoren müssen sich in irgend einer Weise auf die Zahlen $c$, $d$, $g_1^2$, $g_2$ verteilen. Dies führt zunächst auf den Ansatz

$$c = c'\,\alpha_1, \quad d = d'\,\alpha_2, \quad g_2 = g_2'\,\alpha_3, \quad g = g'\,\alpha_1\,\alpha_2\,\alpha_3.$$

Der betreffende Quotient $\frac{c\,d\,g_2 g_1^2}{g}$ wird dann zu $c'\,d'\,g_2'\,\frac{g_1^2}{g'}$, und es muss jetzt $g_1^2$ durch $g'$ teilbar sein.

Man verstehe nun unter $\alpha$ den grössten gemeinschaftlichen Teiler von $g_1$ und $g'$ und setze

$$g_1 = g_1'\,\alpha$$
$$g' = d_1\,\alpha.$$

Dann sind $d_1$ und $g_1'$ zu einander teilerfremde Zahlen. Da der Ausdruck

$$\frac{g_1^2}{g'} = \frac{g_1'^2\,\alpha^2}{d_1\,\alpha} = \frac{g_1'^2\,\alpha}{d_1}$$

ganzzahlig werden muss, folgt: $\alpha$ teilbar durch $d_1$, etwa

$$\alpha = \alpha_4\,d_1.$$

Infolgedessen wird

$$g_1 = g_1'\,\alpha_4\,d_1, \quad g = \alpha_1\,\alpha_2\,\alpha_3\,\alpha_4\,d_1^2.$$

Die Bedingungsgleichung $(I)$ verwandelt sich dadurch in folgende:

$$\frac{a\,b}{c'\,d'\,\alpha_4} = d_1\,\alpha_1\,\alpha_2 \cdot g_1' g_3 + d_1^2\,\alpha_1^2\,\alpha_2^2 \cdot \alpha_3\,g_4 - g_1'^2\,g_2'.$$

Sie lehrt, dass der Quotient $\frac{a\,b}{c'\,d'\,\alpha_4}$ ganzzahlig werden muss; dies erfordert:

$$\begin{array}{l} c' = c_1' \cdot c_2' \\ d' = d_1' \cdot d_2' \\ \alpha_4 = \alpha_5 \cdot \alpha_6 \\ \hline a = a'\,c_1'\,d_1'\,\alpha_5 \\ b = b'\,c_2'\,d_2'\,\alpha_6 \end{array}$$

Dadurch geht die Bedingungsgleichung $(I)$ in folgende über:

$$a'\,b' = d_1\,\alpha_1\,\alpha_2 \cdot g_1' g_3 + d_1^2\,\alpha_1^2\,\alpha_2^2 \cdot \alpha_3\,g_4 - g_1'^2\,g_2'.$$

Zur Vereinfachung der Schreibweise setze man schliesslich:

$$\begin{array}{lll} g_1' = g_1 & c_2' = c & \alpha_3 = f \\ g_2' = g_2 & d_1' = d & \alpha_5 = k \\ a' = a & \alpha_1 = e & \alpha_6 = h \\ b' = b & \alpha_2 = g & \end{array}$$

Als definitive Form der Bedingungsgleichung $(I)$ erhält man dann:

$(I')$: $$a\,b = d_1\,e\,g\,(g_1\,g_3 + d_1\,e\,g \cdot f\,g_4) - g_1^2\,g_2$$

und als Basis $(B)$ des allgemeinsten holoïden Düotettarionenbereiches:

$$(B): \quad t_1 = \left\{ g_3 - \frac{g_1\,g_2}{d_1\,e\,g},\ \frac{b\,c\,h}{d\,g} \right\},\ t_2 = \left\{ 0,\ 0 \right\}$$
$$\left\{ \frac{a\,d\,g_2}{c\,d_1^2\,e^2\,g\,h},\ \frac{g_1\,g_2}{d_1\,e\,h} \right\} \qquad \left\{ \frac{a\,d\,k}{c\,e},\ g_1\,d_1\,h\,k \right\}$$
$$t_3 = \left\{ 1,\ 0 \right\},\ t_4 = \left\{ d_1^2\,e\,f\,g\,h\,k,\ 0 \right\}$$
$$\left\{ 0,\ 1 \right\} \qquad \left\{ 0,\ 0 \right\}$$

Der kleinste Generalnenner aller auftretenden Brüche ist:

$$N = c\,d\,d_1^2\,e^2\,g\,h.$$

14. Das erlangte Resultat lässt sich auch so formulieren:

*Jeder holoïde Düotettarionenbereich besteht aus allen und nur aus den Tettarionen*

$$t = \frac{1}{N} \left\{ \begin{array}{ll} n_3\,N - n_1\,c\,d\,d_1\,e\,h\,g_1\,g_2\ , & n_1\,b\,c^2\,d_1^2\,e^2\,h^2 \\ a\,d^2\,(n_1\,g_2 + n_2\,d_1^2\,e\,g\,h\,k),\ & (n_3 + n_2\,d_1\,g_1\,h\,k - n_4\,d_1^2\,e\,f\,g\,h\,k)\,N \\ & - n_1\,g_3\,N + n_1\,c\,d\,d_1\,e\,h\,g_1\,g_2 \end{array} \right\}$$

*die man erhält, wenn man die vier Zahlen* $n_1, n_2, n_3, n_4$ *unabhängig*

*voneinander die Gesamtheit aller ganzen rationalen Zahlen durchlaufen lässt. Dabei ist* $N = c\,d\,d_1^2\,e^2\,g\,h$, *und alle 14 Grössen:* $a, b, c, d, d_1, e, f, g, g_1, g_2, g_3, g_4, h, k$ *bedeuten beliebige, aber bestimmt gewählte ganze Zahlen, die folgenden Beschränkungen unterworfen sind:*

*Es dürfen nur* $g_1, g_2, g_3, g_4$ *den Wert Null annehmen, und es muss die Gleichung bestehen:*

$$(I'): \qquad a\,b = d_1\,e\,g\,(g_1\,g_3 + d_1\,e\,g \cdot f\,g_4) - g_1^2\,g_2.$$

## § 3.
## Maximale holoïde Düotettarionenbereiche.

1. Im Vorhergehenden haben wir die Existenz von unendlich vielen holoïden Bereichen nachgewiesen und zugleich ihre allgemeine Gestalt angeben können. Es bleibt noch die Aufgabe zu erledigen übrig, unter diesen die maximalen zu bestimmen. Wir beginnen mit folgender Definition:

Ordnet man jedem Düotettarion $t$ des Körpers $\{R\}$ nach einem bestimmten Gesetze ein Tettarion $\tau = f(t)$ zu, welches im Körper $\{R\}$ enthalten sein kann oder auch nicht und welches als „Bild von $t$" bezeichnet wird, so heisst die Substitution $(t, f(t))$ „eine Permutation des Körpers", wenn durch die Anwendung dieser Substitution jede rationale Gleichung zwischen Düotettarionen in eine richtige Gleichung übergeht. Unter „rationaler Gleichung" verstehen wir eine solche, welche durch ausschliessliche Anwendung von Addition, Subtraktion, Multiplikation und Division entsteht.

Bekanntlich ist die Substitution $(t, f(t))$ stets und nur dann eine „Permutation", wenn die Tettarionen $\tau = f(t)$ nicht sämtlich Null sind und wenn ferner die beiden Gleichungen

$$f(t_1 + t_2) = f(t_1) + f(t_2)$$
$$f(t_1 \cdot t_2) = f(t_1) \cdot f(t_2)$$

bestehen. (Vergl. R. Dedekind: „Vorlesungen über Zahlentheorie von Lejeune-Dirichlet, Braunschweig 1894, p. 456 u. f.)

Man verstehe unter $S$ ein übrigens beliebig gewähltes Düotettarion, von dem wir nur voraussetzen, es sei nicht Nullteiler:

$$N(S) \neq 0.$$

Ordnet man nun dem Düotettarion $t = \left\{ \begin{matrix} \alpha, \beta \\ \gamma, \delta \end{matrix} \right\}$ das Düotettarion $\tau = S \cdot t \cdot S^{-1}$ zu, so wird hierdurch eine Permutation des Körpers $\{R\}$ definiert; dies erhellt aus den Gleichungen:

$$S(a+b)\,S^{-1} = Sa\,S^{-1} + S\,b\,S^{-1}, \quad \text{d. h. } f(a+b) = f(a) + f(b),$$
$$S(a\,b)\,S^{-1} = Sa\,S^{-1} \cdot S\,b\,S^{-1}, \quad \text{d. h. } f(a\,b) = f(a) \cdot f(b).$$

2. Es besteht folgender **Fundamentalsatz:**

*Jeder holoïde Düotettarionenbereich des Körpers $\{R\}$ lässt sich durch eine passend gewählte Permutation auf einen solchen abbilden, der aus lauter ganzzahligen Düotettarionen besteht.*

**Beweis:** Wir verstehen unter $t = \left\{ \begin{matrix} \alpha, \beta \\ \gamma, \delta \end{matrix} \right\}$ ein veränderlich gedachtes rationales Düotettarion und unter $S$ das bestimmte Düotettarion

$$S = \left\{ \begin{matrix} \frac{1}{\sqrt{\delta_1}}, & 0 \\ \frac{-g_1 g_2}{g\sqrt{\delta_1}}, & \sqrt{\delta_1} \end{matrix} \right\}$$

Dann betrachten wir als „Bild von $t$" das mit $t$ veränderliche

$$\tau = S \cdot t \cdot S^{-1} = \left\{ \begin{matrix} \frac{1}{\sqrt{\delta_1}}, & 0 \\ \frac{-g_1 g_2}{g\sqrt{\delta_1}}, & \sqrt{\delta_1} \end{matrix} \right\} \cdot \left\{ \begin{matrix} \alpha, \beta \\ \gamma, \delta \end{matrix} \right\} \cdot \left\{ \begin{matrix} \sqrt{\delta_1}, & 0 \\ \frac{g_1 g_2}{g\sqrt{\delta_1}}, & \frac{1}{\sqrt{\delta_1}} \end{matrix} \right\}$$

$$= \left\{ \begin{matrix} \alpha + \beta \frac{g_1 g_2}{g \delta_1}, & -\frac{\beta}{\delta_1} \\ -\alpha \frac{g_1 g_2}{g} - \beta \frac{g_1^2 g_2^2}{g^2 \delta_1} + \gamma \delta_1 + \delta \frac{g_1 g_2}{g}, & -\beta \frac{g_1 g_2}{g \delta_1} + \delta \end{matrix} \right\}$$

Nun möge $S$ festbleiben, während das veränderliche $t$ die sämtlichen Düotettarionen eines bestimmten holoïden Bereiches $[g_i, \gamma_2, \delta_1]$ durchläuft. Die Komponenten von $t$ sind dann, wie in § 2, 12. gezeigt wurde:

$$\alpha = n_1 g_3 + n_3 + n_4 g - n_1 \frac{g_1 g_2}{g}, \quad \beta = n_1 \delta_1$$

$$\gamma = \gamma_2 \left( n_2 + n_1 \frac{g_2}{g} \right), \quad \delta = n_2 g_1 + n_3 + n_1 \frac{g_1 g_2}{g}.$$

Diese Komponenten sind dadurch veränderlich, dass die 4 Zahlen $n_i$ unabhängig voneinander alle möglichen ganzzahligen Werte annehmen. Als „Bild von $t$" ergibt sich dann das Düotettarion

$$(2): \quad \tau = \left\{ \begin{matrix} n_1 g_3 + n_3 + n_4 g, & n_1 \\ n_2 (g_1 g_3 + g g_4) + n_1 g_2 g_4 - n_4 g_1 g_2, & n_2 g_1 + n_3 \end{matrix} \right\}.$$

Die dritte Komponente von $\tau$ lässt sich nämlich umwandeln unter Berücksichtigung der in § 2, 10. aufgestellten Bedingungsgleichung $(I)$ in

$$\frac{-g_1 g_2}{g} \left( n_1 g_3 + n_3 + n_4 g - n_1 \frac{g_1 g_2}{g} \right) - n_1 \frac{g_1^2 g_2^2}{g^2}$$
$$+ \left( g_1 g_3 + g g_4 - \frac{g_1^2 g_2}{g} \right) \left( n_2 + n_1 \frac{g_2}{g} \right) + \left( n_2 g_1 + n_3 + n_1 \frac{g_1 g_2}{g} \right) \frac{g_1 g_2}{g}$$
$$= n_2 (g_1 g_3 + g g_4) + n_1 g_2 g_4 - n_4 g_1 g_2.$$

Lässt man $t$ der Reihe nach mit jedem Tettarion eines holoïden Bereiches zusammenfallen, so bildet die Gesamtheit aller auf diese Weise entstehenden $\tau$ wieder einen holoïden Bereich, dessen Elemente lauter ganzzahlige Düotettarionen sind, und der behauptete Satz ist als richtig erwiesen.

3. *Ist ein holoïder Düotettarionenbereich* $[g_i, \gamma_2, \delta_1]$ *maximal, so gilt dasselbe von jedem durch eine Permutation* $(t, S\,t\,S^{-1})$ *aus ihm abgeleiteten Bereiche des Körpers* $\{R\}$.

Beweis: Die hier betrachteten Permutationen sind eindeutig umkehrbar. Liefern nämlich zwei Tettarionen $t_1$ und $t_2$ dasselbe Bild $\tau$, so folgt hieraus:

$$\tau = S\,t_1\,S^{-1} = S\,t_2\,S^{-1}, \quad \text{d. h.: } t_1 = t_2.$$

Das „Bild" des Originalbereiches $[g_i, \gamma_2, \delta_1]$ werde mit $[S(g_i, \gamma_2, \delta_1)]$ bezeichnet. Ist nun der Originalbereich nicht maximal, dann kann man ihn durch Adjungieren gewisser Düotettarionen $a$ so erweitern, dass er holoïd bleibt. Die Anwendung der Permutation $(t, S\,t\,S^{-1})$ auf den erweiterten Bereich führt auf einen ebenfalls holoïden Bereich $[\tau]$, der die sämtlichen Tettarionen von $[S(g_i, \gamma_2, \delta_1)]$ und noch andere dazu enthält; das besagt aber: das Bild $[S(g_i, \gamma_2, \delta_1)]$ ist dann auch nicht maximal. Durch dieselbe Überlegung erkennt man: ist das Bild $[S(g_i, \gamma_2, \delta_1)]$ nicht maximal, dann ist auch der Originalbereich $[g_i, \gamma_2, \delta_1]$ nicht maximal. Wird nun vorausgesetzt, der Originalbereich sei maximal, so muss auch das Bild maximal sein, weil sonst ein Widerspruch mit der Voraussetzung entstünde.

4. *Der aus allen ganzzahligen Düotettarionen bestehende holoïde Bereich* [g] *ist maximal.*

Wäre das nicht der Fall, so müsste ein holoïder Bereich $[J]$ existieren, der die sämtlichen ganzzahligen Düotettarionen enthielte und noch andere dazu. Durch Anwendung einer geeigneten Permutation $(t, S\,t\,S^{-1})$ könnte man ihn auf einen aus lauter ganzzahligen Düotettarionen bestehenden Bereich abbilden, und es würden dann mindestens zwei voneinander verschiedene Düotettarionen $t_1$ und $t_2$ dasselbe Bild ergeben müssen. Dies ist aber ausgeschlossen, weil die Permutation eindeutig umkehrbar ist.

5. Aus den bisherigen Sätzen fliesst unmittelbar der folgende:

*Es existieren unendlich viele maximale holoïde Düotettarionenbereiche; jeder von ihnen ist eine Permutation des Bereiches* [g] *aller ganzzahligen Düotettarionen.*

Es muss demnach möglich sein, zu den sämtlichen *maximalen* holoïden Düotettarionenbereichen des Körpers $\{R\}$ dadurch zu gelangen, dass man den Bereich [g] allen möglichen Permutationen $S$

unterwirft und dafür Sorge trägt, dass die entstehenden Bilder wieder dem Körper $\{R\}$ angehören. Dies führt auf folgende Frage: welchen Bedingungen müssen die vier beliebigen reellen oder komplexen Zahlen $u, x, y, z$ genügen, wenn, vermöge der Permutation $\tau = S t S^{-1}$, aus rationalen $t$ stets wieder rationalzahlige $\tau$ hervorgehen sollen und $S$ das Düotettarion

$$S = \begin{Bmatrix} x, & y \\ z, & u \end{Bmatrix}$$

vorstellt? Man sieht zunächst ein, dass trotz der Permutation die Norm eines jeden Tettarions sich nicht ändert: $N(\tau) = N(t)$; ferner, dass jedenfalls $S$ nicht Nullteiler sein darf: $ux \neq yz$. Es wird:

$$\tau = S t S^{-1} = \begin{Bmatrix} x, & y \\ z, & u \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} n_1, & n_2 \\ n_3, & n_4 \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} u, & -y \\ -z, & x \end{Bmatrix} \cdot \frac{1}{ux - yz}, \text{ oder:}$$

$$(I''): \qquad \tau = \frac{1}{ux - yz} \cdot$$

$$\cdot \begin{Bmatrix} n_1 ux - n_2 xz + n_3 uy - n_4 yz, & -(n_1 - n_4) xy + n_2 x^2 - n_3 y^2 \\ n_1 uz - n_2 z^2 + n_3 u^2 - n_4 uz, & -n_1 yz + n_2 xz - n_3 uy + n_4 ux \end{Bmatrix}$$

Jede einzelne Komponente von $\tau$ soll rational werden, und zwar für beliebige rationale Werte von $n_1, n_2, n_3, n_4$; dies erfordert, dass alle zehn Produkte aus irgend zweien der Zahlen $u, x, y, z$ rational ausfallen. Aus $x^2 =$ rationaler Zahl, etwa $x^2 = a_1$, entspringt $x = \sqrt{a_1}$. Aus denselben Gründen müssen $y, z, u$ Quadratwurzeln aus rationalen Zahlen sein:

$$y = \sqrt{a_2}, \qquad z = \sqrt{a_3}, \qquad u = \sqrt{a_4}.$$

Da endlich die Produkte $xy, xz$. usw., ebenfalls sämtlich rational werden sollen, müssen alle 10 Produkte $a_i a_k$ $(i, k = 1, 2, 3, 4)$ Quadrate von rationalen Zahlen sein. Dies kann nur eintreten, wenn

$$a_i = b_i^2 c^{\varepsilon_i},$$

wobei $b_i$ und $c$ willkürliche rationale Zahlen vorstellen, $c$ von Null verschieden, und $\varepsilon_i = \pm 1$ ist. Nun kann man noch $S$ durch $S \cdot \sqrt{c^{\varepsilon_i}}$ ersetzen, weil dadurch $\tau = S \cdot t \cdot S^{-1}$ gar nicht geändert wird; demnach gilt folgender Satz:

6. *Die allgemeinste Permutation von der Gestalt* $(t, S \cdot t \cdot S^{-1})$, *welche einen holoïden Düotettarionenbereich des Körpers* $\{R\}$ *in einen solchen überführt, der wieder dem Körper* $\{R\}$ *angehört, entsteht, wenn man für* $S$ *das Düotettarion*

$$S = \begin{Bmatrix} \lambda, & \mu \\ \nu, & \varrho \end{Bmatrix}$$

*nimmt. Hierbei bedeuten* $\lambda$, $\mu$, $\nu$, $\varrho$ *willkürliche rationale Zahlen, die nur der Einschränkung unterliegen, dass* $N(S) = \lambda\varrho - \mu\nu$ *nicht verschwinden darf.*

7. Wir sind nunmehr imstande, die allgemeinste Gestalt eines *maximalen* holoïden Düotettarionenbereiches anzugeben: da der betreffende Bereich holoïd ist, gehört er zu den Bereichen $[g_i, \gamma_2, \delta_1]$, und weil er als maximal vorausgesetzt wird, kann man ihn durch eine Permutation $(t, S\,t\,S^{-1})$ auf den Bereich [g] aller ganzzahligen Düotettarionen abbilden, folglich auch rückwärts von diesem letzteren, durch die inverse Permutation, zum ersteren gelangen. *Ein maximaler holoïder Düotettarionenbereich besteht aus dem Inbegriffe der oben durch die Formel* $(I'')$ *definierten Tettarionen* $\tau$, *welche entstehen, wenn man* $n_1, n_2, n_3, n_4$ *unabhängig voneinander die Gesamtheit der ganzen Zahlen durchlaufen lässt, während* $u, x, y, z$ *beliebig gewählte, aber fest gedachte rationale Zahlen bedeuten, die der einzigen Einschränkung unterliegen, dass* $(u\,x - y\,z)$ *nicht Null sein darf.*

Diese Gestalt hat gegenüber der in § 2, 12. angegebenen den Vorzug, dass zwischen den auftretenden Grössen keine Bedingungsgleichung besteht, ferner den andern, nur die maximalen Bereiche darzustellen, wenn die vier $n_i$ nur der einen Beschränkung unterliegen, lauter ganzzahlige Werte anzunehmen.

8. Wir wollen nun das soeben gewonnene Ergebnis noch in anderer Form ausdrücken, indem wir jetzt untersuchen, unter welchen Bedingungen ein holoïder Düotettarionenbereich $[g_i, \gamma_2, \delta_1]$ maximal ist. Nach dem oben bewiesenen Fundamentalsatze 2. kann man jeden Bereich $[g_i, \gamma_2, \delta_1]$ durch eine passend gewählte, eindeutig umkehrbare Permutation auf ein System $[\tau]$ abbilden, welches aus lauter ganzzahligen Düotettarionen besteht, nämlich aus der Gesamtheit aller durch die obige Formel (2) [pag. 22] definierten $\tau$, die dadurch hervorgehen, dass die vier Zahlen $n_i$ unabhängig voneinander alle möglichen ganzzahligen Werte annehmen. Gleichzeitig mit $n_3$ durchläuft auch $n_3' = n_3 - n_4 g$ die Gesamtheit aller ganzen Zahlen. Das System $[\tau]$ ist demnach identisch mit dem Inbegriff aller Düotettarionen

$$\tau = \begin{Bmatrix} n_1 g_3 + n_3 & , & n_1 \\ n_2 (g_1 g_3 + g g_4) - n_4 g_1 g_2 + n_1 g_2 g_4, & & n_3 + n_2 g_1 - n_4 g \end{Bmatrix}$$

bei veränderlich gedachten $n_1, n_2, n_3, n_4$. Soll nun dieses System $[\tau]$ — mithin auch der Originalbereich $[g_i, \gamma_2, \delta_1]$ — maximal sein,

so muss es offensichtlich mit dem aus *allen* ganzzahligen Düotettarionen gebildeten holoïden Bereiche [g] übereinstimmen. Dies ist aber nur der Fall, wenn jede Komponente von $\tau$, unabhängig von den übrigen, jeden ganzzahligen Wert annehmen kann. Daraus entspringen die folgenden vier simultanen Gleichungen:

$$C_1 = n_1 g_3 + n_3\,, \quad C_3 = n_2 (g_1 g_3 + g g_4) - n_4 g_1 g_2 + n_1 g_2 g_4$$
$$C_2 = n_1\,, \quad C_4 = n_2 g_1 - n_4 g + n_3$$

wobei die $C_i\,(i = 1, 2, 3, 4)$ willkürlich vorgeschriebene ganze Zahlen vorstellen. Die beiden ersten Gleichungen lassen sich durch geeignete Wahl von $n_1$ und $n_3$ immer befriedigen, die beiden letzteren nur dann, wenn die Gleichungen

$$(3): \quad n_2 g_1 - n_4 g = k$$
$$(4): \quad n_2 (g_1 g_3 + g g_4) - n_4 g_1 g_2 = k'$$

bei beliebig vorgeschriebenen ganzzahligen $k$ und $k'$ durch *ganzzahlige* $n_2$ und $n_4$ erfüllt werden können. Die Auflösung der Gleichungen (3) und (4) nach $n_2$ und $n_4$ ergibt

$$n_2 = \frac{k' g - k g_1 g_2}{g (g_1 g_3 + g g_4) - g_1^2 g_2}\,, \quad n_4 = \frac{k' g_1 - k (g_1 g_3 + g g_4)}{g (g_1 g_3 + g g_4) - g_1^2 g_2}\,.$$

Die Grössen $n_2$ und $n_4$ fallen sicher ganzzahlig aus, wenn

$$(II): \quad g (g_1 g_3 + g g_4) - g_1^2 g_2 = \pm 1.$$

Diese Bedingung (II) ist aber nicht nur hinreichend, sondern auch notwendig. Setzt man nämlich

$$g (g_1 g_3 + g g_4) - g_1^2 g_2 = m,$$

so liefert das spezielle Wertepaar $k = 0$, $k' = 1$ die Ausdrücke

$$n_2 = \frac{g}{m}\,, \quad n_4 = \frac{g_1}{m}\,.$$

Die Zahlen $g$ und $g_1$ haben somit den gemeinschaftlichen Teiler $m$; die Gleichung (3) lehrt, dass dann auch $k$ durch $m$ teilbar ist. Nun bedeutet $k$ eine, von den Grössen $g, g_1 \ldots . g_4$ unabhängige, willkürliche ganze Zahl, die unter andern den Wert $k = 1$ annimmt. Dieser Umstand zieht $m = \pm 1$ nach sich. Unter Berücksichtigung der in § 2, 10. aufgestellten Bedingungsgleichung $(I)$ lässt sich vorige Gleichung $(II)$ durch

$$(II'): \quad g \gamma_2 \delta_1 = \pm 1$$

ersetzen. Wir haben somit den Beweis folgenden Satzes erbracht:

*Ein holoïder Düotettarionenbereich* $[g_i, \gamma_2, \delta_1]$ *ist stets und nur dann maximal, wenn*

$$g(g_1 g_3 + g g_4) - g_1^2 g_2 = g \gamma_2 \delta_1 = +1.$$

9. Die weiteren Entwickelungen knüpfen wir an das in § 2, 14. gewonnene Resultat an. Bedeuten $n_1, n_2, n_3, n_4$ vier Grössen, welche unabhängig voneinander die Gesamtheit aller ganzen rationalen Zahlen durchlaufen, und $a, b, c, d, d_1, \ldots\ldots h, k$ 14 bestimmt gewählte und fest bleibende ganze Zahlen, die der Bedingungsgleichung $(I')$ Genüge leisten, so besteht jeder holoïde Düotettarionenbereich $[t]$ aus allen und nur aus den Tettarionen

$$t = \left\{ \begin{array}{cc} n_3 - n_1 \frac{g_1 g_2}{d_1 e g} & , \quad n_1 \frac{b c h}{d g} \\ n_1 \frac{a d g_2}{c d_1^2 e^2 g h} + n_2 \frac{a d k}{c e} & , \quad n_3 - n_1 g_3 + n_2 g_1 d_1 h k - n_4 d_1^2 e f g h k \\ & \qquad + n_1 \frac{g_1 g_2}{d_1 e g} . \end{array} \right\}$$

Wir betrachten jetzt den Bereich $[\bar{t}]$, der von der Gesamtheit aller Düotettarionen

$$\bar{t} = \left\{ \begin{array}{cc} n_3' - n_1' \frac{g_1' g_2'}{g'} & , \quad n_1' \frac{b' c'}{d' g'} \\ \frac{a' d'}{c'} \left( n_2' + n_1' \frac{g_2'}{g'} \right) & , \quad \left( n_3' - n_1' g_3' + n_2' g_1' - n_4' g' \right) + n_1' \frac{g_1' g_2'}{g'} \end{array} \right\}$$

bei veränderlich gedachten $n_i'$ und konstant gehaltenen $a', b', c', d', g', g_1', g_2', g_3'$ gebildet wird. Dieses letztere System $[\bar{t}]$ geht aus dem ersteren Systeme $[t]$ dadurch hervor, dass man

$$(5): \qquad d_1 = e = f = h = k = 1$$

wählt. Man übersieht leicht, dass der Bereich $[\bar{t}]$ den ersteren Bereich $[t]$ vollständig enthält; beide werden nämlich identisch, wenn man

$$\begin{array}{ll} c' = c d_1 e h, & n_2' = n_2 d_1 h k \\ g' = d_1 e g \quad , & n_4' = n_4 d_1^2 e f g h k \\ g_4' = g_4 f & \end{array}$$

annimmt und nachträglich alle Akzente unterdrückt. Demnach tritt jedes Tettarion des Systems $[t]$ stets auch im Systeme $[\bar{t}]$ auf, — das Umgekehrte jedoch nur, wenn die Gleichungen (5) erfüllt sind. Ist das nicht der Fall, so ist demnach das System $[t]$ kein maximales; mit andern Worten:

*Soll der holoïde Bereich* $[t]$ *maximal sein, so müssen die Gleichungen* (5) *bestehen.*

Die Bedingungsgleichung $(I')$ von § 2, 14. lautet dann

$$a\,b = g\,(g_1\,g_3 + g\,g_4) - g_1^2\,g_2.$$

Ein Vergleich mit der soeben in 8. aufgestellten Bedingungsgleichung $(II)$ lehrt, dass der Bereich $[\bar{t}]$ stets und nur dann maximal ist, wenn

$$a = \pm 1, \quad b = \pm 1.$$

Demnach können wir jetzt den in § 2, 14. aufgestellten Fundamentalsatz durch folgenden ergänzen:

10. *Der allgemeinste, aus Düotettarionen des Körpers $\{R\}$ gebildete, maximale holoïde Bereich besitzt die Basis*

$$(B):\ t_1 = \begin{Vmatrix} g_3 - \frac{g_1 g_2}{g}, & \frac{c\,\varepsilon}{d\,g} \\ \frac{\varepsilon' d\, g_2}{c\,g}, & \frac{g_1 g_2}{g} \end{Vmatrix},\ t_2 = \begin{Vmatrix} 0, & 0 \\ \frac{\varepsilon' d}{c}, & g_1 \end{Vmatrix},\ t_3 = \begin{Vmatrix} 1, & 0 \\ 0, & 1 \end{Vmatrix},\ t_4 = \begin{Vmatrix} g, & 0 \\ 0, & 0 \end{Vmatrix}$$

*Dabei ist $\varepsilon = \pm 1$, $\varepsilon' = \pm 1$, ferner sind $c$, $d$, $g$, $g_1$, $g_2$, $g_3$ beliebige ganze Zahlen, von denen $c$, $d$ und $g$ nicht verschwinden dürfen und welche der Bedingung*

$$(III):\qquad g\,(g_1\,g_3 + g\,g_4) - g_1^2\,g_2 = \varepsilon\,\varepsilon'$$

*genügen, wobei $g_4$ eine beliebige ganze Zahl bedeutet.*

11. Der kleinste Generalnenner aller auftretenden Brüche ist nunmehr

$$N = c\,d\,g.$$

Wir wollen jetzt beweisen, dass *nur endlich viele* maximale holoïde Düotettarionenbereiche existieren, welche denselben kleinsten Generalnenner $N$ besitzen. Zuvörderst sei bemerkt, dass man stets $N > 0$ annehmen darf; ferner kann man, ohne Einschränkung der Allgemeinheit, $g$ als positiv voraussetzen. Wäre nämlich $g = -g'$ eine negative Zahl, so könnte man, gestützt auf den in § 2, 9. bewiesenen Satz, das letzte Basisglied $t_4$ durch $t_4' = -t_4$ ersetzen, ferner: in jeder Komponente von $t_1$ die Zahl $g$ durch $g' = -g$ und zugleich $g_2$ durch $g_2' = -g_2$ und $\varepsilon$ durch $(-\varepsilon)$ ersetzen; dadurch würde $t_1$ gar nicht geändert; die Bedingungsgleichung $(III)$ bliebe dann ebenfalls richtig, wenn man noch $g_4' = -g_4$ an Stelle von $g_4$ substituierte. Da jetzt $N$ und $g$ positiv sind, müssen $c$ und $d$ gleiches Vorzeichen haben, und dieses darf stets als positiv vorausgesetzt werden, weil die Zahlen $c$ und $d$ nie einzeln, sondern nur in den Verbindungen $c\,d$, $\frac{c}{d}$, $\frac{d}{c}$ auftreten. Wir werden demnach annehmen

$$c > 0; \quad d > 0; \quad g > 0.$$

12. Es sei nun $\left[g_i, \frac{d}{c}, \frac{c}{dg}\right]$ irgend ein holoïder Bereich mit der in 10. angegebenen Basis $(B)$. Fällt der absolute Betrag des Produktes $g_1 g_2$ grösser als $g$ aus, so schreiben wir

$$\frac{g_1 g_2}{g} = m + \frac{g_1' g_2'}{g},$$

wo jetzt $$0 \leq g_1' g_2' < g.$$

Dann ersetzen wir, vermöge des Satzes in § 2, 9., das erste Basisglied $t_1$ durch

$$t_1' = t_1 - m t_3 - m' t_4$$

$$= \begin{vmatrix} g_3 - \left(m + \frac{g_1' g_2'}{g}\right) - m - m' g, & \frac{c\varepsilon}{dg} \\ \frac{\varepsilon' d g_2}{cg}, & \left(m + \frac{g_1' g_2'}{g}\right) - m \end{vmatrix}$$

$$= \begin{vmatrix} g_3' - \frac{g_1' g_2'}{g}, & \frac{c\varepsilon}{dg} \\ \frac{\varepsilon' d g_2}{cg}, & \frac{g_1' g_2'}{g} \end{vmatrix}.$$

Dabei ist zur Abkürzung $g_3' = g_3 - 2m - m' g$ gesetzt. Man kann die Zahl $m'$ immer so bestimmen, dass

$$0 \leq g_3' < g.$$

Hierdurch ist die Richtigkeit des folgenden Hilfssatzes dargetan:

*Es ist immer möglich, in einem holoïden Düotettarionenbereiche*

$$\left[g_i, \frac{d}{c}, \frac{c}{dg}\right]$$

*eine Basis $(B)$ der Art auszuwählen, dass die Ungleichungen*

$(IV)$: $$0 \leq g_1 \cdot g_2 < g; \quad 0 \leq g_3 < g$$

*bestehen.*

13. Nun sei

$$N = p_1^{a_1} p_2^{a_2} p_3^{a_3} \cdot \cdots \cdot p_k^{a_k}$$

der vorgeschriebene Generalnenner eines *maximalen* holoïden Düotettarionenbereiches

$$\left[g_i, \frac{d}{c}, \frac{c}{dg}, \varepsilon, \varepsilon'\right].$$

Dieser Generalnenner lässt sich auf eine endliche Anzahl von Arten in ein Produkt aus drei Faktoren zerlegen:

$$N = c\, d\, g.$$

Es ist zweckmässig, die folgenden zwei Fälle zu unterscheiden:

*I. Fall:* $g = 1$. Die Anwendung des obigen Hilfssatzes liefert als einzig zulässige Werte

$$g_1 = g_2 = g_3 = 0$$

und die Bedingungsgleichung (*III*): $g_4 = \pm 1$.

Die hierdurch entstehenden maximalen Bereiche werden aus den sämtlichen Düotettarionen

$$\bar{t} = \begin{Vmatrix} n_1 & , & n_2 \cdot \frac{c}{d} \\ n_3 \cdot \frac{d}{c} , & & n_4 \end{Vmatrix}$$

bei veränderlichen $n_i$ und fest gehaltenen $c$ und $d$ gebildet.

Die Anzahl dieser Bereiche, bei vorgeschriebenem $N = c\,d$, ist eine endliche, nämlich gleich

$$1 + k + \binom{k}{2} + \binom{k}{3} + \cdots\cdots + \binom{k}{k} = 2^k.$$

*II. Fall:* $g > 1$. Die Bedingungsgleichung (*III*) in 10. lässt erkennen, dass in diesem Falle die Werte $g_1 = 0$, $g_2 = 0$ ausgeschlossen sind. Es sei

$$N = c^{(\mu)}\, d^{(\nu)}\, g^{(\lambda)}$$

eine beliebig, aber bestimmt gewählte Faktorenzerlegung des vorgeschriebenen kleinsten Generalnenners $N$ in ein Produkt aus drei Faktoren, $g^{(\lambda)} > 1$. Wird $g^{(\lambda)}$ festgehalten, so können $c^{(\mu)}$ und $d^{(\nu)}$ je nur eine endliche Anzahl von Werten durchlaufen, da ihr Produkt stets gleich der endlichen, festen Zahl $\frac{N}{g^{(\lambda)}}$ ist; übrigens müssen $c^{(\mu)}$ und $d^{(\nu)}$ als teilerfremd vorausgesetzt werden, weil ihr Quotient auftritt und andernfalls sich ein kleinerer Generalnenner als $N$ ergäbe.

Wird $g^{(\lambda)}$ festgehalten, so können aber auch $g_1$, $g_2$, $g_3$ nur endlich viele Werte annehmen, wegen der Ungleichungen

$$0 < g_1 g_2 < g^{(\lambda)}; \quad 0 \leqq g_3 < g^{(\lambda)}.$$

Endlich wird durch jedes Wertsystem von $g^{(\lambda)}$, $g_1$, $g_2$, $g_3$ die Zahl $g_4$ in höchstens zweideutiger Weise bestimmt, weil immer die aus der Bedingungsgleichung (*III*) entspringende Relation

$$(g^{(\lambda)})^2 g_4 = g_1^2 g_2 - g^{(\lambda)} g_1 g_3 \pm 1$$

befriedigt werden muss. Durch die neun Grössen $c^{(\mu)}$, $d^{(\nu)}$, $g^{(\lambda)}$, $g_1$, $g_2$, $g_3$, $g_4$, $\varepsilon = \pm 1$, $\varepsilon' = \pm 1$ ist aber der betreffende Bereich vollkommen definiert.

Somit hat sich herausgestellt, dass bei vorgeschriebenem $N$ und festgehaltenem $g^{(\lambda)}$ nur eine endliche Anzahl von maximalen Bereichen

$$\left[g_i, \frac{d}{c}, \frac{c}{dg}, \varepsilon, \varepsilon'\right]$$

existiert. Nun kann $g^{(\lambda)}$ keine andern Werte als

$$g^{(\lambda)} = 1; 2; 3; \cdots\cdots N-1; N$$

annehmen; infolgedessen gilt der Satz:

*Es gibt nur eine endliche Anzahl von maximalen holoïden Bereichen des Körpers $\{R\}$, welche denselben kleinsten Generalnenner $N$ besitzen.*

Beispiel: Mit dem Generalnenner $N=2$ existieren die folgenden drei maximalen holoïden Düotettarionenbereiche:

Bereich I: $t = \frac{1}{2}\begin{Vmatrix} 2n_3, & n_1 \\ 4n_2, & 2n_4 \end{Vmatrix}$, Bereich II: $t = \frac{1}{2}\begin{Vmatrix} 2n_3, & 4n_1 \\ n_2, & 2n_4 \end{Vmatrix}$,

Bereich III: $t = \begin{Vmatrix} n_3 - \frac{n_1}{2}, & \frac{n_1}{2} \\ n_2 - \frac{n_1}{2}, & n_3 - n_2 + \frac{n_1}{2} + 2n_4 \end{Vmatrix}$.

Hierbei bedeuten $n_1, n_2, n_3, n_4$ vier Grössen, die unabhängig voneinander alle ganzen Zahlen durchlaufen. Für $g=2$ lassen zwar die in Frage kommenden Bedingungen (III) und (IV) folgende Möglichkeiten zu:

| $g$ | $g_1$ | $g_2$ | $g_3$ | $g_4$ | $c$ | $d$ | $\varepsilon$ | $\varepsilon'$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | −1 | −1 |
| 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 2 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | −1 | 1 |
| 2 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | −1 |

Man überzeugt sich aber, durch Vergleichung entsprechender Komponenten, dass alle vier entstehenden Bereiche im Bereich III enthalten, also untereinander identisch sind. Durch Anwendung des in § 3, 7. bewiesenen Satzes gelangt man auch zu diesen Bereichen.

## § 4.

## Die ganzen Düotettarionen.

1. Im Vorhergehenden wurde gezeigt, dass es unendlich viele maximale holoïde Düotettarionenbereiche gibt. Jeder von ihnen bildet

für sich ein System von „ganzen Düotettarionen", denn die in ihm auftretenden Elemente besitzen alle Eigenschaften, welche „ganze Zahlen" charakterisieren: sie reproduzieren sich durch Addition, Subtraktion und Multiplikation; das betreffende System hat eine endliche Basis und kann, innerhalb desselben Zahlenkörpers, nicht mehr erweitert werden, ohne eine dieser Eigenschaften zu verlieren. Ein rationales Düotettarion wird demnach als „ganz" zu betrachten sein, wenn es in einem maximalen holoïden Bereiche auftritt. Nun könnte sehr wohl ein gegebenes Düotettarion gleichzeitig einem maximalen und einem nicht maximalen Bereiche angehören; dies gibt Veranlassung, die Definition der „ganzen" Düotettarionen folgendermassen zu fassen:

Definition. Ein rationales Düotettarion $t$ heisst „ganz in bezug auf den Bereich $[g_i, \gamma_2, \delta_1]$", wenn es dem Bereiche $[g_i, \gamma_2, \delta_1]$ angehört und dieser zugleich ein maximaler holoïder Bereich ist.

So ist z. B., unter $g$ eine beliebige ganze Zahl verstanden, das Düotettarion

$$\begin{Bmatrix} 0 & , & 20 \\ \frac{63}{10} & , & g \end{Bmatrix}$$

ganz in bezug auf den Bereich

$$\left[1, 0, 0, 0, 1; \frac{7}{10}; \frac{10}{7}\right] = \left[\begin{matrix} n_1 & ; & \frac{10 n_2}{7} \\ \frac{7 n_3}{10} & ; & n_4 \end{matrix}\right].$$

2. Wie an früherer Stelle nachgewiesen, kann jedes in bezug auf den Bereich

$$\left[g_i, \frac{d}{c}, \frac{c}{dg}\right]$$

ganze Düotettarion auf die Gestalt

$$t = \begin{Bmatrix} n_1 g_3 + n_3 + n_4 g - n_1 \frac{g_1 g_2}{g}, & n_1 \frac{c\varepsilon}{dg} \\ \frac{\varepsilon' d}{c}\left(n_2 + n_1 \frac{g_2}{g}\right), & n_2 g_1 + n_3 + n_1 \frac{g_1 g_2}{g} \end{Bmatrix}$$

gebracht werden; hieraus entnimmt man ohne weiteres folgende Sätze:

a) *Spur und Norm aller in bezug auf einen bestimmten Bereich ganzen Düotettarionen sind ganze rationale Zahlen.*

Es ist nämlich die Spur

$$S(t) = n_1 g_3 + n_2 g_1 + 2 n_3 + n_4 g,$$

wie man sofort übersieht, und die Norm

$$N(t) = n_3 (n_1 g_3 + n_2 g_1 + n_3 + n_4 g) + (n_1 g_2 + n_2 g)(n_4 g_1 - n_1 g_4)$$

unter Berücksichtigung der in § 3, 10. aufgestellten Bedingungsgleichung. Dieselbe Tatsache lässt sich auch so formulieren:

Jedes in bezug auf einen bestimmten Bereich ganze Düotettarion $t$ erfüllt eine charakteristische Gleichung zweiten Grades mit ganzen rationalen Koëffizienten, in welcher der Koëffizient der höchsten Potenz gleich 1 ist. Diese in § 1, 6. bewiesene Gleichung lautet nämlich

$$t^2 - t \cdot S(t) + N(t) = 0.$$

b) *Ist ein Düotettarion $t$ in bezug auf einen bestimmten Bereich ganz, so gilt dasselbe von seinem konjugierten $T'$.*

Jeder holoïde Bereich enthält nämlich alle ganzen Zahlen, also auch $S(t) = t + T'$ und somit, zugleich mit $t$, sicher auch $T' = S(t) - t$.

3. Es ist eine naheliegende Frage, inwieweit sich die Begriffe und Methoden, welche der Theorie der Zahlenkörper zugrunde liegen, auf die Behandlung dieser Zahlensysteme mit nicht kommutativer Multiplikation anwenden lassen. Diese Frage wird, auf Grund der vorhergehenden Überlegungen, durch folgenden Satz beantwortet:

*Alle in bezug auf denselben Bereich ganzen Düotettarionen bilden eine additive und multiplikative Gruppe, in welcher genau dieselben zahlentheoretischen Gesetze herrschen, wie im Bereiche* [g] *aller ganzzahligen Düotettarionen.**)

---

*) Man findet die hauptsächlichsten unter diesen Gesetzen entwickelt in meiner Inauguraldissertation: „*Zahlentheorie der Tettarionen*" (erschienen in der „Vierteljahrsschrift der naturf. Ges. Zürich." Jahrg. 51, 1906). Ferner in meiner Abhandlung: „*Zur Theorie der Tettarionenideale*" (veröffentlicht in der „Vierteljahrsschrift der naturf. Ges. Zürich." Jahrg. 52. 1907).

# Die Drumlinlandschaft zwischen Pfäffiker- und Greifensee (Kanton Zürich).

Von

HERMINE W. BODENBURG HELLMUND.

Hiezu Tafel II.
(Geolog. Karte in 1 : 25 000.)

## Einleitung.

Die Anregung zu der vorliegenden Arbeit sowie vielfache Unterstützung während derselben verdanke ich meinem verehrten Lehrer Herrn Prof. Dr. Albert Heim.

Das Drumlingebiet im südlichen Glattal, zwischen Pfäffiker- und Greifensee, findet man auf den Blättern 212, 213, 226, 227 der Topographischen Karte der Schweiz (1 : 25 000). Bei der geologischen Kartierung dieses Gebietes benutzte ich Blatt IX der Dufourkarte (1 : 100 000), teilweise geologisch aufgenommen von Professor Gutzwiller. Blatt 213 der Siegfriedkarte (1 : 25 000) wurde schon 1899 bis 1901 geologisch kartiert von Prof. Dr. Julius Weber in Winterthur. (Mitt. d. Naturwiss. Ges. in Winterthur. Heft III, 1901.) Die SW-Ecke von Blatt 213 wurde daher von mir nur ergänzt, der übrige Teil der ganzen vorliegenden Karte ist vollständig neu von mir selbst im Frühjahr und Sommer 1908 aufgenommen worden.

Das Glattal erstreckt sich von 47° 15′ n. B. auf 47° 35′ n. B. Der ± 8,5 km breite südliche Teil wird im W begrenzt durch die Kette Pfannenstiel (853 m) — Zürichberg (679 m), im E durch den Höhenrücken Bachtel (1119 m) — Allmann (1083 m) — Stoffel (931 m) — Tannenberg (823 m) — First (691 m). Die Talsohle liegt bei Rüti auf ± 510 m, bei Opfikon (nördlich Zürich) auf 428 m. Das Gefälle ist also ausserordentlich gering, nur ± 2½ ‰. Vom oberen Zürichsee ist das Glattal im S getrennt durch die Bodenschwelle bei Rüti, die sich ± 110 m über das Niveau des Zürichsees erhebt. Sehr merkwürdig verläuft hier die Wasserscheide. Wie schon Prof. Brückner betont, findet man sie nicht, wie man erwarten würde, bei Rüti, sondern im Glattal selbst. Der Schluhbach und der Mühlebach,

die beide am Bachtel oberhalb Wernetshausen und **Hadlikon** entspringen, vereinigen sich bei Loch und strömen durch **Edikon**, Dürnten und Rittershaus der Jona bei Rüti zu. Auch der Bach, der von Bezholz über Affeltrangen südwärts fliesst, gehört zum Flussgebiet der Jona. — Dagegen entwässern sich das Ried südlich Feisseholz (SE Herrschmettlen), das bei Landsacker, das Reitbacherried, das Izikerried, das Ried bei Spilhalde und das südlich dem Niggenbergholz alle zur Aa, die an Grüningen und Mönchaltorf vorbei zum Greifensee strömt. Die Wasserscheide verläuft also ziemlich unregelmässig über Hinwil, Bezholz, Fuchsbühl, Landsacker, Adletshausen, Uezikon.

Nach N entwässert sich das Glattal durch den Kemptbach zur Töss, durch die Glatt direkt zum Rhein.

Wir lassen hier den schmalen nördlichen Teil ausser Betracht und sehen uns den südlichen Teil näher an. Es muss einem jeden sogleich auffallen, dass dieses breite Tal, das, wie schon Wettstein betont hat (151), ganz den Eindruck des Mittellaufes eines grössern Flusses macht, jedes bedeutenden Stromes entbehrt. Wir finden hier nur zwei untiefe Seen, den Greifensee (Niveau 439 m, Tiefe 34 m) und den Pfäffikersee (Niveau 541 m, Tiefe 36 m), und einige kleinere Gewässer. Die Glatt, der das ganze Tal seinen Namen verdankt, entwässert den Greifensee und tritt erst aus dessen nördlichstem Teile aus. Der Aabach, der Pfäffikersee und Greifensee verbindet, ist der Abfluss des Pfäffikersees. Die kleinen Bäche, wie die Aa bei Mönchaltorf, der Hinwilerbach und der Kemptbach bleiben bei der Besprechung der Entstehung des Tales selbstverständlich ausser Betracht. Wir befinden uns hier also in einem toten Tale, in einem Taltorso, der, wie gesagt, von dem oberen Zürichsee durch die ungefähr 110 m hohe Bodenschwelle bei Rüti getrennt ist.

## I. Geologischer Überblick.

Die Höhenzüge im W und E sind aus Molasse aufgebaut. Auch im Tale selbst wird diese Molasse wiederholt sichtbar. Meistens ist hier der Boden jedoch bedeckt von glazialen und fluvioglazialen Ablagerungen, welche die unbestreitbaren Zeugen einer früheren Eisbedeckung sind. Die Gletscher, die in der letzten Eiszeit dieses Gebiet bedeckt haben, liessen bei ihrem Rückzug die Endmoränen zurück, die wir jetzt u. a. noch antreffen bei Seebach, bei Dietlikon, nördlich vom Greifensee und nördlich vom Pfäffikersee [siehe die Karte von Hug und von Brückner (76. Lief. V, pag. 496)].

Südlich von den beiden letztgenannten Endmoränen, d. h. innerhalb des Ausbreitungsgebietes der letzten Vergletscherung hat sich

die schöne Drumlinlandschaft gebildet, die wir hier eingehender beschreiben wollen.

## 2. Historische Übersicht über Drumlins im allgemeinen.

Das keltische Wort „Drum" (ursprünglich „drom", Diminutiv Drumlin) bedeutet nach Kinahan und Close: „a ridge, a ridge-shaped hill, a long hill or line" (siehe Früh 105, pag. 1). Im allgemeinen versteht man jetzt unter dem Namen „Drumlin" „an elongated hill", „a lenticular hill", der seine Entstehung den Gletschern verdankt. Auf welche Weise, darüber sind die Meinungen der Geologen noch verschieden.

Dr. August Böhm Edler von Böhmersheim gibt in seiner „Geschichte der Moränenkunde" (133) eine vorzügliche Übersicht über die Drumlinliteratur bis 1901. Er weist darauf hin, dass schon im Jahre 1833 James Bryce unter dem Namen „Drum and Drumlin" „gravel hills" im nördlichen Irland beschrieben hat, welche „have an elongated form". Bryce bezog den Namen „Drumlin" auf Hügel von einer bestimmten Form, ohne auf die innere Zusammensetzung zu achten. Erst später (1866) wurde von Maxwell H. Close der Name beschränkt auf „parallel ridges", aufgebaut aus Grundmoränenmaterial.

Es wäre nutzlos, neben der genannten ausführlichen Literaturbeschreibung von Dr. Böhm nochmals die Meinung der verschiedenen Autoren im Einzelnen zu wiederholen. Nur möchte ich, der Deutlichkeit meiner Schrift wegen, hier kurz die Hauptsachen rekapitulieren.

Entstehung der Drumlins. Während bis 1864 die Entstehung der Drumlins der Erosion durch Wasser zugeschrieben wurde, deutete im Jahre 1864 M. H. Close zuerst auf die nimmer fehlende Übereinstimmung in der Richtung der Gletscherschrammen und der Drumlins hin. Er kam daher zur Überzeugung, dass beide Vorgänge dieselbe Ursache haben müssen, und, da Gletscherschrammen nur vom Eise erzeugt werden können, schrieb er auch die Entstehung der Drumlins dem Eise zu.

Von William Harte im Jahre 1867 widersprochen, wurde die Closesche Theorie im selben Jahre von James Geikie angenommen, obwohl Geikie darauf hinweist, dass marine Denudation in einzelnen Fällen gleichartige parallele Hügel erzeugen kann. 1884 beschreibt Davis die Theorie von Close als die meist wahrscheinliche, und seither wird der Gletscher allgemein als der Erzeuger der Drumlins angenommen.

M. H. Close im Jahre 1866, Kinahan und Close 1872 und Davis 1884 sprechen als ihre Überzeugung aus, dass bei der Bildung der Drumlins durch das Eis ein ähnlicher Vorgang stattgefunden hat,

wie bei der Entstehung von Kiesbänken in einem Fluss. Diese Meinung wird gegenwärtig wohl von der grössten Anzahl der Drumlinuntersucher geteilt, z. B. (siehe 133) von: Close (11), Agassiz (14), Geikie (16—19), Kinahan and Close (12), Upham (37—52), Dana (55), Johnston (71), Davis (66—70), Chamberlin (57—64), Sederholm (86), Chalmers (77), Salisbury (90—93a), Nansen (87), Lincoln (96), Wright (35), Sieger (100), Russell (108), Früh (105), Doss (118), Keilhack (102), Drygalski (121), Fairchild (127), Högbom (134), Baltzer (115).

Nach diesen Autoren hat also der Gletscher bei der Bildung der Drumlins aufbauend gearbeitet. — In direktem Gegensatz hierzu steht die Aussage von: Harte (15), C. H. Hitchcock (20—21), Shaler (24—27), Lewis (73), Barton (94—95), Tarr (104), Smith (130).

Sie lassen den Gletscher zuerst eine Endmoräne absetzen, und nachher, bei einem neuen Vorstoss, dieselbe zerstückeln, in parallele Hügel zerschneiden. Die Drumlins verdanken ihre Geburt dann also einer zerstörenden Wirkung. Später werden wir ausführlicher auf diese beiden Entstehungsmöglichkeiten zu sprechen kommen.

Zusammensetzung der Drumlins. Bryce hat im Jahre 1833 nur auf die äussere Form der Hügel geachtet, und die innere Zusammensetzung ausser Betracht gelassen; allein Scouler 1838, Portlock 1843 und Young 1852 beschreiben die Anordnung der aufbauenden Bestandteile dieser Erhöhungen. Aus ihren Beschreibungen geht hervor, dass damals Drumlins und Eskers noch nicht scharf unterschieden wurden. Erst nachdem Close 1866 die Drumlins folgendermassen beschreibt: „They are composed of unstratified boulder-clay, containing well-blunted and scratched blocks; whereas eskers consist of washed and sorted, usually water-rolled and stratified materials, derived, as it seems, chiefly from the boulder-clay“ (11, pag. 210), findet diese Trennung statt (11).

Louis Agassiz ist im Jahre 1864 (14) der erste, der Drumlins in Amerika eingehend beschreibt. Er nennt sie „horsebacks“ und unterscheidet das sie aufbauende gerundete, oft geschrammte und polierte Material, das er vorschlägt „ground moraines“ zu nennen, von den eckigen Blöcken der „moraines.“

In der älteren amerikanischen Literatur findet man den Namen „Drumlin“ noch nicht. Ich entlehne den Schriften von Davis (68) und Böhm (133) folgende damals für Drumlins benutzte Ausdrücke:

Hall 1815, Shaler 1870: Parallel Ridges.

Hitchcock 1895: Indian Ridges.

Percival 1842: Elongated Ridges.

Hitchcock 1861/62, Agassiz 1867: Horsebacks.

Wright 1876, Hitchcock 1876, Upham 1879: Lenticular Hills.

Geikie 1877: Drums and Sowbacks.
Johnston 1882: Parallel Drift Hills.
Mathew 1879: Whalebacks.
Chamberlin 1883: Linear Ridges, Elliptical or Mammillary Hills.

Der Namen „Drumlin" wird im Jahre 1882 zum erstenmal in Amerika gebraucht von Davis. 1883 schlägt Hitchcock vor, diesen Namen von jetzt an allgemein zu verwenden für diese Landschaftsform, und seitdem ist er überall eingebürgert. In neuester Zeit ist auf dem europäischen Kontinent eine Strömung bemerkbar, die sich bemüht, dieses „nicht-deutsche" Wort durch ein deutsches zu ersetzen. So äusserte sich z. B. De Geer zugunsten des Namens „Radialmoränen" (siehe Högbom 134). Dr. Högbom hat jedoch in seinem Artikel „Studien in nordschwedischen Drumlinlandschaften" (134) darauf hingewiesen, dass schon andere Formen als „Radialmoränen" beschrieben worden sind, und ich möchte Dr. Högboms Wunsch unterstützen, man möge den allgemein akzeptierten Namen „Drumlin" beibehalten.

Seit 1884 hat das Studium der Drumlin enorm zugenommen, was direkt aus der Literaturliste hervorgeht. Nachdem im Jahre 1893 Dr. Sieger in der Richthofenfestschrift (100) zum ersten Male Drumlins auf dem europäischen Festlande beschrieb, sind sie jetzt bekannt aus Norwegen, Schweden, Russland, Deutschland und der Schweiz.

Für die Literatur, soweit sie mir bekannt wurde, verweise ich auf die gegebene Liste. Viele englische Artikel sind der Schrift von Fairchild, im Jahre 1907 (127) entnommen, die meisten übrigen bis 1901 dem schon mehrmals genannten Artikel von Dr. Böhm (133).

### 3. Die Drumlins im südlichen Glattal.

Im südlichen Glattal sind die Drumlins verbreitet über eine Fläche von $\pm$ 45 km$^2$. Der Boden, auf welchem sie aufgesetzt sind, zeigt eine Böschung von S nach N und von E gegen W, was schon aus dem Lauf der Gewässer hervorgeht.

Als äusserste Grenzen der zusammenhängenden Drumlinlandschaft können wir im S Dürnten und Bubikon nennen (auf $\pm$ 510 m), im N Werrikon, nördlich Uster ($\pm$ 457 m). In E-W-Richtung zeigt uns das Tal nicht die bekannte Trogform, sondern im W befindet sich eine breite Talfurche. Wir treffen von W nach E hintereinander:

1. Einen Molassehöhenzug mit sanfter Böschung.
2. Ein ziemlich breites Tal, im Niveau 450—500 m.

3. Eine hohe Wand (± 500 m und ± 520 m) (diese wurde, wo sie deutlich ausgebildet ist, auf der Karte eingetragen. Sie teilt sich stellenweise in zwei, mit zwischengelegener Terrasse).
4. Ein höher liegendes Tal; wenn man es so nennen will: eine breite Terrasse ± 500 m bis 550 m.
5. Einen sanft ansteigenden Molasserücken (siehe ausführlicher hierüber später).

Die meisten Drumlins befinden sich in der Mitte des Tales, sie sind auf der breiten Terrasse 4 aufgesetzt. Durch das spärliche Auftreten derselben an den beiden Seiten macht es den Eindruck, als ob sich sowohl im E wie im W ein breites Tal befindet, was jedoch nicht der Fall ist. Vom Bachtel aus gesehen, glaubt man z. B. östlich der Drumlinzone die alte südliche Fortsetzung des Aabaches suchen zu müssen. Die Molasse steigt hier aber regelmässig an, wie die Höhenzahlen auf der Karte direkt zeigen. Die ganze östliche Hälfte mit dem Pfäffikersee liegt rund 100 m höher als das Tal von Grüningen und Mönchaltorf, dessen Fortsetzung der Greifensee ist.

Zwar findet man zwischen Dürnten und Hinwil eine Reihe deutlich ausgebildeter Drumlins, doch der breite Drumlinzug setzt erst nördlich einer Linie, die man sich über Hinwil und Herrschmettlen gezogen denken kann, ein. Von hier an erscheinen die Drumlins dicht aneinander gereiht. Oft stösst sogar das NW-Ende des einen gegen das SE-Ende des andern, so dass nur eine lokale Erniedrigung die Trennung der beiden Hügel andeutet. — Mehrere Drumlins zeigen zwei oder mehrere Kulminationspunkte. In vielen Fällen sehen wir hier wahrscheinlich ein Zusammenwachsen von ursprünglich getrennten Hügeln vor uns. Die Verwachsung findet oft in der Längsrichtung statt; der ganze Hügel macht dann den Eindruck von einem lang ausgezogenen Drumlin. Beim Verwachsen der Längsseiten erhalten wir die eigentümlichen Formen, die wir am Altenberg, am Hinterberg, am Sennweid (wenn das Drumlins sind!), am Geflecket-Weg und am Hundsgalgen antreffen. Nördlich von Uster nimmt die Zahl der Drumlins wieder ab. Die eigentliche Drumlinlandschaft endet hier.

Auf der Karte sind nur deutlich ausgesprochene Drumlinformen angegeben. Zwischen diesen befindet sich eine wellige Grundmoränenlandschaft, die vielfach mit Sümpfen und Mooren bedeckt ist. Im Anfang gab es oft Mühe, zu entscheiden, ob wir einen kleinen, wenig schön entwickelten Drumlin vor uns sahen, oder nur eine Unebenheit des Bodens (z. B. die Hügel zwischen Dürnten und Bezholz-Affeltrangen, die Landschaft zwischen Bertschikon und dem Altenberg, der Foschenmatt südöstlich Grüt etc.). Ebenso war es zuerst nicht

immer leicht, die Abgrenzung der einzelnen Drumlins gegen die hügelige Umgebung festzustellen, doch bei einiger Übung verschwanden diese Schwierigkeiten in den meisten Fällen. (Drumlin Saum, nordwestlich Gossau.)

Richtung. Die Drumlins in diesem Gebiete erstrecken sich beinahe ohne Ausnahme von SE nach NW. Nur höchst selten weicht die Richtung beträchtlich ab von der allgemeinen Richtung N 45° W. Deutlicher als eine Besprechung spricht die gegebene Karte von der fliessenden Anordnung der Drumlins in der Mitte des Tales.

Zahl. Die Zahl der Drumlins im südlichen Glattal beträgt ungefähr 130.

Form und Grösse. Im allgemeinen herrschen in unserem Gebiete die langgestreckten Hügel vor. Rundlinge, bei welchen Länge zur Breite steht wie 1:1, konstatierte ich nur selten (z. B. Hasenbühl, nördlich Uster). Gedrungene Formen sind ebenfalls Ausnahmen. Ich meinte zuerst eine solche zu sehen im Hügel Esel, südwestlich Nossikon, den ich für einen Drumlin hielt mit steilerer Böschung nach NW als nach SE. Die Höhe dieses vermuteten Drumlins würde 45 m erreichen. Abgesehen davon, dass diese Höhe nirgends anders im Gebiet von einem Drumlin erreicht wird, muss es auffallen, dass sowohl im E als im S des Esels sich aus dem trennenden Sumpf hohe Wände erheben, die sich aber nicht als Drumlins geltend machen. Im E und S erkennen wir im Gegenteil Hochflächen mit aufgesetzten Drumlins (in E. Verenerrain, Hirsacker, Neufur; im S das sogenannte Bergholz mit aufgesetztem Drumlin). Da diese Drumlins ihren Fuss im Niveau 500 haben, und weil der Esel auf 500 m ein Plateau zeigt, auf welchem sich ein deutlich ausgebildeter, obwohl niedriger Drumlin (Höhe 5 m) befindet, glaube ich den ganzen terrassierten Teil als nicht zum eigentlichen Drumlin gehörend betrachten zu müssen. Ob die Terrassierung des Bodens, auf welchem der Drumlin aufgesetzt worden ist, alluvial ist, oder schon von der Erosion der Gletscherbäche herrührt, konnte ich nicht entscheiden. Beim Zurückziehen des Gletschers haben die Schmelzwasser, als sie ihren Weg nach N suchten, vielleicht schon angefangen, diese Rinnen zu bilden. Spätere Erosion kann sie dann erweitert und vertieft haben. Das Gefälle von hier bis zum Greifensee beträgt immer noch einige Meter, und früher, als die Rinne noch nicht so tief war, muss es jedenfalls ansehnlich gewesen sein. — Jetzt fehlt im E des Esels jeder Fluss, nur ein Sumpf ist geblieben. Unsere Vermutung, dass hier einst ein Bach geflossen hat, wird bestätigt durch die Gygersche Karte des Kantons Zürich von 1667. Gyger zeichnete einen Bach, der von „Sultzbach" über „Nossicken" nach „Riedticken" und zum „Gryffensee" strömte.

Mehrere Drumlins im südlichen Glattal zeigen an den Seiten Terrassen, wie schon von Prof. Früh betont wurde (105). Meiner Meinung nach hat diese Terrassierung nichts mit den eigentlichen Drumlins zu tun. Sie wird oft von Menschen erzeugt sein, zugunsten des Acker- oder Weinbaus. In vielen Fällen wird auch nachträgliche Erosion die ursprünglichen Drumlins scheinbar vergrössert haben, und die Basis, die bisweilen eine Drumlinform annimmt, kann dann natürlich terrassiert sein (siehe Beschreibung Esel).

Prof. Keilhack sagt in seiner Abhandlung: „Die Drumlinlandschaft in Norddeutschland" (102, pag. 178): „Die Höhe der Drumlins lässt sich nicht in allen Fällen ohne weiteres bestimmen; man muss sich vielmehr klar werden über die Methode, nach der man verfahren will und dieselbe in allen Fällen bei der Höhenbestimmung anwenden. Man kann nun entweder so verfahren, dass man die Höhe bestimmt aus der Differenz zwischen dem höchsten Punkte eines Drumlins und der tiefsten Stelle der ihn von seinen nächsten Nachbarn trennenden Einsenkungen, oder aus dem Unterschiede der Höhen seines vorderen Randes und seiner bedeutendsten Erhebung. Ich halte die erste Methode für die richtigere und bin darnach verfahren. Es ergibt sich dabei, dass die Höhe weder von der Länge noch von der Breite irgendwie abhängig ist und dass die Höhenwerte überhaupt sich nur innerhalb sehr enger Grenzen bewegen". Sprechend über die Symmetrie der Gestalt sagt Keilhack weiter: „Dazu kommt eine in zweifacher Weise sich äussernde Symmetrie der äusseren Form: in sehr vielen Fällen besitzen die beiden Längsseiten desselben Drum ganz verschiedene Höhe. Besonders deutlich wird diese Verschiedenheit der Form, wenn die eine Längsseite des Drums von einem See, Moor oder Tal begrenzt wird, während die andere auf der anstossenden Hochfläche liegt und von dem nächstfolgenden Drum durch eine viel flachere Einsenkung getrennt wird". Daraus, dass ich die tiefste Einsenkung, die einen Drumlin von seinem Nachbarn trennt, hier in den meisten Fällen nicht als zum eigentlichen Drumlin gehörend betrachte, sondern sie zu der welligen allgemeinen Oberfläche rechne, geht schon hervor, dass ich die von Prof. Keilhack benutzte Methode hier nicht verwenden konnte. Ich habe bei jedem einzelnen Drumlin, sobald die einfache Drumlinform sich nicht scharf aus dem umgebenden Terrain erhob, gesucht, die vermutete eigentliche Drumlinform möglichst getreu zu verfolgen, und habe diese Form kartiert und gemessen.

Höhe. Die Höhe der Drumlins schwankt zwischen 1 m (Drumlin Hanfgarten, südlich Unt.-Ottikon) und 38 m (südwestliche Seite Drumlin Hasenacker, südwestlich Grüt). Die Extreme sind Ausnahmen.

Die späteren Tabellen lehren, dass die meisten Drumlins zwischen 10 und 20 m hoch sind.

Länge. Die Länge variiert zwischen 100 m und 1600 m. Wie hervorgeht aus den nachfolgenden Tabellen, konstatierten wir bei 119 gemessenen Drumlins:

| Länge i. m | 100 | 100—200 | 200 | 200—300 | 300 | 300—400 | 400 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Drumlinszahl | 1 | 8 | 3 | 19 | 10 | 16 | 4 |
| Länge i. m | 400—500 | 500 | 500—600 | 600 | 600—700 | 700 | 700—800 |
| Drumlinszahl | 16 | 7 | 14 | 4 | 5 | 1 | 3 |
| Länge i. m | 800 | 800—900 | 1000 | 1000—1100 | 1100 | 1600 | |
| Drumlinszahl | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | |

Die grösste Mehrzahl erreicht also eine Länge zwischen 200 und 600 m.

Die längsten notierten Drumlins sind:

| | |
|---|---|
| Punkt 555, östlich Herrliberg | 1600 m |
| Pilgerweg, südlich Bossikon | 1100 m |
| Punkt 557, südlich Neubruch, westlich Wetzikon | 1050 m |
| Tempel, nordwestlich Grüt | 1050 m |
| Schwendi, südlich Wetzikon | 1000 m |
| Lindenbühl, nordöstlich Mönchaltorf | 1000 m |

Sie erreichen eine Länge von 1000 m und darüber. Es muss aber betont werden, dass Drumlin Lindenbühl 2 Kulminationspunkte zeigt, die durch eine sehr untiefe Furche getrennt sind. Vielleicht sind hier zwei ursprünglich kleine Grundmoräneanhäufungen beim Wachsen zu einem langgestreckten Drumlin vereinigt worden.

Auffallend ist, dass die meisten sehr langen und schmalen Drumlins nur wenig hohe Rücken bilden.

Breite. Die Breite der verschiedenen Drumlins ist ebenfalls sehr schwankend. Sie beträgt von 50 m bis 325 m (siehe Tabelle).

Verhältnis. Das Verhältnis von Länge zu Breite variiert zwischen 13 : 1 (Tempel, nordwestlich Grüt) und 1 : 1 (Hasenbühl, nördlich Uster). Wie schon gesagt, wurde ein Rundling nur einmal angetroffen. $1^1/_2$ : 1 kommt schon mehrfach vor, doch bei der überwiegenden Anzahl schwankt das Verhältnis zwischen 2 : 1 und 4 : 1. Sehr lange und schmale Drumlins wurden nur selten beobachtet (siehe Tabelle).

118 gemessene Drumlins ergaben:

| Verhältnis: | 1 : 1 | zwischen 1 : 1 — 2 : 1 | 2 : 1 | zwischen 2 : 1 — 3 : 1 |
|---|---|---|---|---|
| Drumlinszahl: | 1 | 8 | 14 | 29 |
| Verhältnis: | 3 : 1 | zwischen 3 : 1 — 4 : 1 | 4 : 1 | zwischen 4 : 1 — 5 : 1 |
| Drumlinszahl: | 21 | 17 | 12 | 3 |

| | | zwischen | | zwischen |
|---|---|---|---|---|
| Verhältnis: | 5 : 1 | 5 : 1 -- 6 : 1 | 6 : 1 | 6 : 1 — 7 : 1 |
| Drumlinszahl: | 2 | 2 | 2 | 1 |
| | | zwischen | | zwischen |
| Verhältnis: | 7 : 1 | 7 : 1 — 8 : 1 | 8 : 1 | 8 : 1 — 9 : 1 |
| Drumlinszahl: | — | — | 1 | 1 |
| Verhältnis: | 9 : 1 | 11 : 1 | 13 : 1 | |
| Drumlinzahl: | 2 | 1 | 1 | |

Symmetrie und Form der Drumlins. Die meisten Drumlins sind ± symmetrisch, sowohl nach der Längsachse als nach der Querachse. Da viele Hügel bewaldet sind, erhält man leider öfters keinen gesamten Überblick des Ganzen. Aus diesem Grunde war es auch in den meisten Fällen unmöglich, die Böschungen im Felde zu messen. Die gegebenen Zahlen sind daher aus der Karte berechnet worden.

Die Böschungen an den Querseiten schwanken zwischen 8° und 3°; an den Längsseiten zwischen 18° und 7°.

Die Asymmetrie kann sich auf zweierlei Weisen geltend machen, sowohl nach der Längsachse als nach der Querachse.

Deutlich asymmetrisch, mit steilerer Seite nach SE als nach NW ist z. B. Drumlin Ottikerbühl. Steilere Böschung nach NW zeigt u. a. Drumlin Hasenbühl.

Drumlin Hausbühl ist, von S gesehen, deutlich asymmetrisch nach der Querachse, nicht weil die Längsseiten verschiedene Böschungen zeigen, sondern weil die Westseite auf einer höheren Terrasse aufgesetzt ist, während der Drumlin an der Ostseite von einem Sumpf begrenzt wird. Aus einem ähnlichen Grund ist auch der grosse, schön geformte Drumlin Hasenacker, südlich Grüt, asymmetrisch nach der Querachse.

Im allgemeinen sind die Drumlins ziemlich normal ausgebildet. Auffallende Ausnahmen bilden nur die Zwillingsformen: der Altenberg, der Hinterberg, der Geflecket-Weg, der Hundsgalgen und die Hügel im Sennweid (wenn das Drumlins sind). Befindet man sich auf dem Hinterberg, so sieht man deutlich, dass sich hier zwei parallele Hügel nebeneinander erstrecken. Sie sind aber sehr ungleich in der Höhe, und die sie trennende Furche ist so untief, dass, von N gesehen, der niedrige westliche Hügel nur als ein Anwachs vom östlichen erscheint. Diese selbe Erscheinung zeigt sich auch bei den Drumlins Geflecket-Weg und Hundsgalgen.

Im Drumlin Tannberg, südlich Ober-Uster, sehen wir wahrscheinlich nur einen Rest von einem früher grösseren Drumlin vor uns. Der übrige Teil wird wohl ein Opfer des Aabaches geworden sein.

Die schönste Ausbildung findet man ohne Zweifel zwischen Hinwil-Herrschmettlen und Uster. Ein Blick auf die Karte zeigt schon, wie wunderschön die Drumlins direkt neben einander angeordnet sind an beiden Seiten der Strasse Wetzikon-Bertschikon, und nördlich der Strasse von Wetzikon nach Grüt.

Sehr schön ist die charakteristische Drumlinform ersichtlich am Ottikerbühl, Zimmtberg, Bernet, Bielholz, Tannenrain, Grund etc. Von Berg, südöstlich Gossau kommend, zeigt der Ottikerbühl am deutlichsten, dass die Drumlins nur „aufgesetzte" Formen sind. Im S, W, N und NE, überall ist die miocäne Nagelfluh bis an die Oberfläche entblösst. Sie bildet hier eine flache Terrasse, auf welcher der diluviale Hügel nachträglich aufgesetzt worden ist.

Zusammensetzung der Drumlins. Wenn wir die Definition, von Maxwell H. Close im Jahre 1866 gegeben: „Drumlins are composed of unstratified boulder-clay containing well-blunted and scratched blocks" (siehe 11, pag. 210) beibehalten wollen, ist damit schon gesagt, dass jede aus anderem Material bestehende drumlinähnliche Form einer anderen Kategorie angehört. Man kann dann also nicht unterscheiden:

1. Drumlins aufgebaut aus Grundmoräne
2. Drumlins aufgebaut aus fluvioglazialem Kiese.

Der Name Drumlin wäre dann beschränkt auf die typischen parallelen Hügel, die ganz oder zum Teil aus glazialem Material aufgebaut sind, jedoch nach ihrer inneren Anordnung nicht zu den Aosar und Kames gehören. Ich glaube, dass man recht hat mit dieser Beschränkung des Namens „Drumlin". Wenn die Kiese nicht die Aosarform und auch nicht die unregelmässige Schichtung zeigen, die man oft in der Grundmoräne selbst (also zur Grundmoräne gehörend) antrifft, können sie, meiner Meinung nach, die Drumlinform nur bekommen haben durch Erosion. Wie noch näher auseinandergesetzt werden soll, gebrauche ich die Bezeichnung Drumlins nur für das Produkt glazialer Akkumulation. Es wäre für mich also eine contradictio in terminis, von einem „Drumlin, aufgebaut aus fluvioglazialem Kiese" zu sprechen. Eine solche Form ist weder aufgebaut aus Grundmoräne, noch ist sie entstanden durch Akkumulation. Besser noch scheint mir in diesem Fall die Umschreibung: „Drumlinähnliche Erosionsform, aufgebaut aus fluvioglazialem Kiese". Es sei aber ausdrücklich betont, dass hier natürlich nicht diejenigen Formen gemeint sind, die teilweise aus fluvioglazialem Kiese bestehen, welche die Kiese als einen Kern umschliessen, oder sie als Basis haben.

Wir unterscheiden in unserem Gebiete:

1. Drumlins, aufgebaut aus Grundmoränenmaterial.

2. Drumlins, aufgebaut aus Grundmoränenmaterial mit einem nachgewiesenen festen Kern.
   Dieser Kern kann hier bestehen aus:
   a) Molasse,
   b) Aatalkies,
   c) präglazialem Kiese der Würmvergletscherung.
3. Sogen. Erosionsdrumlins, eigentlich also keine „Drumlins", sondern richtiger als Eskers zu bezeichnen.
   a) aus Grundmoränenmaterial,
   b) aus fluvioglazialem Kiese.

Hierzu würden als c) noch gehören die drumlinähnlichen Formen, die man an anstehenden Felsen beobachten kann [Rundhöckerdrumlins nach Baltzer (114). Rocdrumlins nach Fairchild (127 pag. 393)].

1. Drumlins, aufgebaut aus Grundmoränenmaterial. Wir befinden uns hier leider in einer sehr kultivierten Gegend, wo jedes Stückchen Erde bewaldet oder bebaut ist, so dass Aufschlüsse nur äusserst selten sind. Soweit sichtbar, scheint die weitaus grösste Mehrzahl der untersuchten Hügel aus Grundmoränematerial aufgebaut zu sein. Gute Aufschlüsse, die zeigten, dass der innere Drumlin wirklich aus ungeschichtetem Grundmoränelehm mit massenhaft gekritzten Geschieben besteht, waren momentan nur vorhanden an:

den kleinen Drumlins südöstlich Itzikon,
Drumlin Trottacker, bei Grüningen,
Drumlin Punkt 507, bei Hanfgarten (südöstlich Unt.-Ottikon),
Drumlin Allenwinden, südlich Grüt,
Drumlin Punkt 460, bei Mönchaltorf,
Drumlin Punkt 464, an der Strasse zwischen Riedikon und Uster,
Drumlin Hirsacker, südlich Nossikon,
Drumlin Punkt 482, südlich Gschwader (nördlich Uster),
Drumlin Kaibenhölzli, östlich Nänikon,
Drumlin Talgütli, nördlich Herrliberg (die Grundmoräne zeigt in den unteren Partien des ± 3 m hohen Aufschlusses eine undeutliche Schichtung. Sie ist hier stellenweise reich an Kies).
Drumlin Spitzholz, Eisenbahnaufschluss a. d. Linie Wetzikon-Hinwil,
Drumlin Pilgerweg, dito,
Drumlin Trudetshalde, nördlich Hinwil,
Drumlin Punkt 540, nördlich Herrschmettlen,
Drumlin Punkt 555, östlich Herrliberg,
Drumlin Burg, westlich Wetzikon,
Drumlin Punkt 566, bei Heusberg, westlich Aatal,
Drumlin Steinberg, südlich Seegräben.

Weiter wurde in Drumlin Buchhalden, südlich Uster, in der Nähe des Hauses Buchhalden, ein drei Meter tiefes Wasserreservoir gebaut, wobei man, nach Aussage von Herrn Fabrikbesitzer Siegrist, nur den hellgrauen ungeschichteten Grundmoränelehm mit Geschieben fand. Die noch überall herumliegenden ausgegrabenen Geschiebe zeigen alle prachtvolle Gletscherschliffe. In der nordöstlichen Seite desselben Hügels ist für die Bierbrauerei ein tiefer Keller ausgegraben, wobei auch nur Grundmoränelehm mit Geröllen gefunden wurde.

Nach freundlicher Aussage von Herrn Schmid auf der Burg zeigte eine Brunnenbohrung auf dem Burghügel in Uster bis 30 m Tiefe nur Grundmoräne.

Für die anderen Drumlins, die auf der Karte als zu dieser Kategorie gehörend angegeben sind, mussten wir uns begnügen mit kleinen Anschürfungen, mit herumliegenden gekritzten Geschieben auf den Äckern, oder mit der Aussage der Bewohner jener Gegend. Es ist mir aber wahrscheinlich, dass mehrere dieser Drumlins sich später ergeben werden als teilweise aus fluvioglazialem Kiese aufgebaut.

2. Drumlins, aufgebaut aus Grundmoräne, mit einem nachgewiesenen festen Kern. Ein schönes Beispiel hiervon gibt uns Drumlin Buchmannshölzli, westlich Herrschmettlen. An der südöstlichen Seite, der Strasse zugewandt, befindet sich eine Kiesgrube, in welcher miocäne Nagelfluh ausgebeutet wird. Nach Mitteilung einiger Arbeiter geht der Kies nicht tief in den Hügel hinein, der ganze übrige Teil besteht aus Grundmoräne. Dieser Drumlin Buchmannshölzli ist asymmetrisch und hat die steilere Seite in SE, wo auch der feste Kern ist. Wir kommen auf diese Erscheinung zurück.

Etwas ähnliches finden wir bei Drumlin Leimhalden, östlich Berg (südöstlich Gossau). Aus der Ferne glaubt man einen grossen, ± 1 km langen Drumlin vor sich zu sehen (diese Form ist auf der Karte mit einer punktierten Linie angegeben worden). Bei genauerer Prüfung ergibt sich aber, dass der ganze östliche Teil aus Aatalkies besteht. Dieser Kies bildet im SE den ganzen Hügel. Erst in der Mitte befindet sich hierauf ein kleiner Drumlin, aus Grundmoränelehm bestehend. Wie weit der Kies sich nach NW unter den Drumlin fortsetzt, ist unsicher. An der Südwestseite war er direkt nach der Heuernte hie und da zu sehen in Unebenheiten der Oberfläche. An der Ostseite verhüllt im Walde eine Humusschicht den ganzen Untergrund. Es ist der Form nach aber wahrscheinlich, dass der Kies hier nach NW bald ausläuft. Im NW scheint die Grundmoräne direkt auf miocäner Nagelfluh zu ruhen.

Da die ganze Aatalkiesmasse hier die Form eines Drumlins angenommen hat, ist es möglich, dass einst die Grundmoräne den Kies

umhüllt hat und hier also ursprünglich ein Drumlin mit festem Kern stand. Vielleicht auch blieb der Kies immer frei von Moräne, und hat nur den Dienst von einem Ansatzpunkt geleistet.

Bei der Besprechung der Entstehung der Drumlins werden wir auseinandersetzen, warum wir es für sehr wahrscheinlich halten, dass alle asymmetrischen Drumlins mit steilerer Seite nach SE als nach NW einen verhüllten festen Kern besitzen.

3. Sog. Erosionsdrumlins (eigentlich keine Drumlins, sondern eher Eskers zu nennen).
   a) Aus Grundmoränenmaterial. Als Beispiel hiervon nennen wir den Rücken zwischen Wühre und Lindhof (Uster-Gossau).
   b) Aus fluvioglazialem Kiese. Das schönste Beispiel dieser Form, das wir auf den Blättern 212 und 227 finden konnten, ist der kleine Hügel an der südwestlichen Grenze des Waldes Unterhard, östlich Nänikon. Eine ± 4 m hohe Kiesgrube gibt uns hier einen Durchschnitt senkrecht zur Längsrichtung. Wir sehen bis oben nur horizontal geschichtete Kiese, eingebettet in Sand. Es fehlen gekritzte Geschiebe; alles ist gerollt. Bis an die Seiten bleibt die horizontale Schichtung beibehalten, wodurch die Möglichkeit, wir hätten hier einen kleinen Rest von einem Aos vor uns, ausgeschlossen ist. Der ganze Hügel erhebt sich wie ein Drumlin aus dem umgebenden Terrain. Ich glaube hierin einen Erosionsrest der fluvioglazialen Kiese der Würmvergletscherung zu sehen. Auf eine andere Weise kann ich mir die Entstehung nicht erklären.

Als Erosionsdrumlin ist auch der grosse Hügel „Esel", südwestlich Nossikon zu betrachten. Da Aufschlüsse fehlen, ist es leider unmöglich, jetzt seine Zusammensetzung zu bestimmen.

Vielleicht gehören zu diesen Erosionsdrumlins auch die drei kleinen Hügel nordwestlich Bergholz, südlich Nossikon. Aufschlüsse ergeben, dass zwei dieser drei Hügel sicher aus fluvioglazialem Kiese bestehen.

Rundhöcker. Prof. Baltzer (114) unterscheidet die Rundhöcker weiter in sogen. „Rundhöckerdrumlins" [„Rocdrumlins", Fairchild (127)], welche die Form eines Drumlins erhalten haben und in „Rundhöcker" mit mehr kreisrundem Umriss. Von beiden Arten kommen in unserer Landschaft typische Beispiele vor. Einen prachtvollen „Rocdrumlin" zeigt uns der Hügel Weid-Riedbühl, westlich vom Wege Hinwil-Ettenhausen, an welchem zwei grosse Kiesgruben zeigen, dass er aus miocäner Nagelfluh besteht. Ein ebensoschönes Beispiel, obwohl in viel kleinerem Masstab, gibt der Fuchsbühl, südlich vom Wege zwischen Herrschmettlen und Affeltrangen. Die

diluviale Nagelfluh an der Oberfläche sagt uns, dass wir hier einen „Rundhöckerdrumlin" im Sinne Baltzers vor uns sehen (siehe andere Beispiele auf der Karte). Allerdings muss man gestehen, dass es keinen eigentlichen Unterschied gibt zwischen einem „Rundhöcker" und einem „Rocdrumlin". Sie kommen beide vielfach im kristallinen Gebiet vor und die mehr oder weniger langgestreckte Form wird nur von dem im Wege stehenden Gestein abhängen. Man wird also alle Zwischenformen finden können, wodurch es oft schwierig sein wird, diese Trennung beizubehalten.

„Rundhöcker" im Sinne Baltzers, also mehr oder weniger kreisrunde Formen, treten massenhaft auf im ganzen südlichen Teil der Karte; sie begleiten auch den Drumlinzug an der Ostseite.

Eigentümlich ist das plötzliche Auftauchen von einem kleinen bewachsenen Rundhöcker aus miocäner Nagelfluh gegenüber Talgütli, nördlich Herrliberg, in der direkten Nähe von dem Rundhöcker Punkt 448, der nach Prof. Früh (105) aus Aatalkies besteht.

Rundhöcker wird man im ganzen Terrain, wo der Gletscher einst gewesen ist, finden können. Dass sie also auch im Gebiete der Drumlins auftreten, ist nichts besonderes. Sie wurden hier dann auch nur erwähnt als vorkommende Landschaftsform, denn, wie wir später sehen werden, betrachten wir die Drumlins als vom Gletscher neu aufgebaute Formen, während im Gegenteil die Rundhöcker das Produkt glazialer Erosion sind.

Dass hier Erosion und Akkumulation zusammen auftreten, kann uns nicht verwundern, wenn wir die Art der Erosion genau betrachten. Es sind nur von dem im Wege stehenden Gestein die scharfen Ecken abgeschliffen worden; wir finden keine Spur von Übertiefung oder Aushöhlung. Die fortwährend hinüberfliessende schwere Eismasse musste auf die Dauer durch ihre Reibung am Untergrunde die anstehenden Felsen zu Rundhöckern modellieren, auch wenn sie schon nicht mehr kräftig genug war, ihre eigene Geschiebelast weiter zu transportieren.

Entstehung der Drumlins. Schon im Anfang haben wir darauf hingewiesen, dass seit 1864 die Drumlins allgemein als vom Gletscher abgelagert betrachtet werden. Die nie fehlende Übereinstimmung in der Richtung der Drumlins mit der der vorkommenden Gletscherschliffe auf anstehendem Gestein, das stets wieder beobachtete Auftreten dieser Landschaftsform innerhalb und in geringer Entfernung der Endmoränen der letzten Vergletscherung und das Fehlen in unvergletscherten Gebieten liessen keinen Zweifel an ihrem glazialen Ursprung. Auch in unserem Tale finden wir eine Endmoräne der letzten Vergletscherung im Norden des Greifensees und des

Pfäffikersees. Es wurde damals auch schon betont, dass die Meinungen der Geologen stark auseinandergehen über die Frage, ob wir hier das Resultat einer aufbauenden oder einer zerstörenden Wirkung des Gletschers vor uns sehen. Ich habe mich nach meinen Studien für unser Gebiet ganz der erstgenannten Meinung angeschlossen und denke mir die Entstehung der Drumlins im südlichen Glattal ungefähr folgendermassen:

Am Ende der letzten Eiszeit zog sich das Eis, welches das Alpenvorland bedeckte, langsam zurück. Dieser Rückzug fand nicht regelmässig statt, er wurde unterbrochen durch Zeiten des Stillstandes. In einem solchen Ruhestadium lagerte das Eis die Endmoräne ab, deren Reste wir jetzt noch finden im Norden des Greifensees und des Pfäffikersees. Aus der Tatsache, dass der Gletscher nicht mehr vorrückte, sich zuerst zurückzog, dann stille stund, geht schon hervor, dass die Eismasse bedeutend schwächer geworden war. Sie befand sich hier in einem Tale mit äusserst geringem Gefälle, wodurch also die Hilfe der Schwerkraft zum weiteren Vorwärtsgehen minim wurde. Der Transport der unterlagernden, stets anwachsenden Grundmoräne wurde auf diese Weise dem langsam immer schwächer werdenden Gletscher unmöglich (weil Last > Kraft), und so setzte sich mitten im Tale die Grundmoräne ab. Sehr verständlich ist es, dass ein geringer Widerstand im Untergrunde den schwachen Gletscher oft veranlasste, an einer bestimmten Stelle seine Last abzulagern, und so wäre es sehr wahrscheinlich, dass viele Drumlins einen älteren Kern, sei es aus anstehendem Fels oder aus lockerem Material, besitzen. Wie bei der Dünenbildung ein Zweig, ein Stein oft den ersten Anlass zur Entstehung gibt, so kann sich auch hier in vielen Fällen ein äusserst kleiner Widerstand im Wege befunden haben. Oft hat schon die Reibung am Untergrunde genügt zur ersten Ablagerung. Es ist möglich, dass, nachdem einmal im Süden des Tales ein Drumlin angefangen hatte, sich abzusetzen, im bedeckenden Eise eine schwache Stelle entstand, die weiter unten immer wieder die Entstehung von neuen Drumlins begünstigte. So wäre vielleicht die fliessende Anordnung in der Richtung des Eises der unter sich parallelen Hügel zu erklären.

Nach den Anhängern der Theorie der destruktiven Entstehungsweise der Drumlins hätte zuerst der Gletscher beim Zurückziehen eine Endmoräne im Tale abgesetzt. Bei einem neuen Vorstosse wurde diese Moräne von dem vorrückenden Eise verpflügt und so wären die parallelen Hügel entstanden. Nach der Anordnung der Drumlins in unserem Tale zu urteilen, müsste hier die Moräne entweder sehr schmal (E-W) und sehr lang (N-S) gewesen sein, und

hätte sich der merkwürdige Fall ergeben, dass der Gletscher in der Mitte nur zerschnitten hätte, währenddem er an den Seiten (besonders westlich) alles gänzlich vernichtete, oder, wir sehen eine zerschnittene Mittelmoräne vor uns. Aus dem, was bis jetzt bekannt wurde über die Zusammensetzung dieser Drumlins, haben wir hier aber weder eine Endmoräne, noch eine Mittelmoräne vor uns, sondern nur eine Akkumulation von Grundmoräne. Ausserdem finden wir hier von dem vorausgesetzten späteren Vorrücken des Eises keine Spur im übrigen Tale.

Gegen die Annahme, dass die Drumlins durch Anhäufung von Material entstanden wären, wie nach dem Vergleich von Kinahan und Close (12) die Kiesbänke in Flüssen, spricht augenscheinlich die Tatsache, dass mehrere Drumlins deutlich asymmetrisch sind, mit steilerer Böschung nach Südosten als nach Nordwesten. Prof. Heim machte mich bei einer gemeinsamen Exkursion darauf aufmerksam, dass Kiesbänke und Dünen, die zweifellos durch Akkumulation entstehen, immer eine steilere Leeseite haben, und sagte, er könne sich die steilere Luvseite nach der aufbauenden Theorie nur dann erklären, wenn ein fester Kern im Südosten vorhanden sei, hinter welchen sich das zugeführte Material angehäuft hat. Bei dem asymmetrischen Drumlin Buchmannshölzli wurde dieser feste Kern in der Tat nachgewiesen. Für die übrigen gleichgeformten asymmetrischen Drumlins bleibt mir bis jetzt keine andere Erklärung, so dass wir vermuten müssen, dass diese alle einen verhüllten festen Kern besitzen (z. B. Ottikerbühl, östlich Berg).

Ganz in der südwestlichen Ecke der Karte befinden sich noch vier drumlinähnliche Erhöhungen: Tannsberg südöstlich Binzikon, Niggenbergholz südlich Binzikon, Schleussberg westlich Grüningen, Halde westlich Grüningen. Die Form, die Grösse, die Höhe, die Richtung, alles spricht dafür, dass es Drumlins sind. Sie liegen etwas abgesondert von der übrigen zusammenhängenden Drumlinlandschaft, inmitten der Molasse. Leider sind sie grösstenteils bewaldet, und der kleine übrige Teil ist bewachsen oder bebaut. Es fehlte auch nur der geringste Aufschluss, so dass es unmöglich war, zu bestimmen, ob wir hier wirklich Drumlins vor uns sehen. Da der drumlinähnliche Hügel Buchwald, südlich Mönchaltorf, sich ergab als einen „Rocdrumlin" aus miocäner Nagelfluh, ist die grösste Vorsicht bei der Zuteilung notwendig. Hoffentlich wird man später, bei der Kartierung dieses Gebietes, so glücklich sein, genaue Aufschlüsse zu finden.

Im Nordwesten und Norden des Pfäffikersees befinden sich unregelmässig geformte Hügel, aufgebaut aus Moränenmaterial mit vielen eckigen Blöcken. Es sind Reste der alten Wallmoränen, die am

Nordrande des Pfäffikersees abgesetzt worden sind während der letzten Vergletscherung.

Ob die Hügel zwischen Ottenhausen und Wermatswil, und bei Nänikon auch Reste von alten Wallmoränen sind, war bei dem gänzlichen Fehlen von Aufschlüssen nicht zu entscheiden.

## 4. Tabellarische Zusammenstellung der Drumlinschar zwischen Pfäffiker- und Greifensee (vergl. die Karte).

| Drumlin (Die Zahlen in m) | Höchster Punkt | Höhe NE-Seite | Höhe SW-Seite | Länge | Breite | Verhältnis Länge : Breite |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Haselrain, E Werikon | 488 | 8 | 28 | 300 | 225 | 1⅓ : 1 |
| P. 482, S Gschwader | 482 | — | 12 | 250 | 200 | 1¼ : 1 |
| P. 494, SE „ | 494 | 12 | 12 | 325 | 125 | 2½ : 1 |
| P. 505, S Winikon | 505 | 20 | 20 | 450 | 270 | 1⅔ : 1 |
| Hasenbühl, N Uster | 507 | 17 | 27 | 225 | 225 | 1 : 1 |
| Unt. Forrhölzli, NE Uster | 500 | — | — | 300 | 125 | 2½ : 1 |
| Rüti, SW Wermatswil | 512 | — | — | 275 | 165 | 1⅔ : 1 |
| P. 522, im Oberusterwald | 522 | 2 | 2 | 175 | 85 | 2 : 1 |
| Burghügel, in Uster | 497 | 27 | 27 | 225 | 175 | 1⅓ : 1 |
| Staubenberg-Buchhalden, S Uster | 505 | 30 | 25 | 725 | 200 | 3½ : 1 |
| Schwizerberg, W Nossikon | 496 | 16 | 26 | 550 | 325 | 1⅔ : 1 |
| Tannberg, E Nossikon | 525 | 25 | 25 | — | — | — |
| Hägetstall, SE Ober-Uster | 521 | 11 | 11 | 550 | 220 | 2½ : 1 |
| Kreidenbühl, SE Nossikon | — | — | — | 225 | 100 | 2¼ : 1 |
| Verenerrain, S „ | 506 | 6 | 6 | 210 | 90 | 2⅓ : 1 |
| Hirsacker SE „ | 515 | 15 | 15 | 275 | 175 | 1½ : 1 |
| Neufur, SE „ | 512 | 12 | 12 | 340 | 85 | 4 : 1 |
| Esel, SW „ | 505 | 5 | 5 | 375 | 130 | 3 : 1 |
| P. 464, zwischen Uster und Riedikon | 464 | — | — | 520 | 120 | 4⅓ : 1 |
| Bergholz, E Riedikon | 504 | — | — | — | — | — |
| Grund, NW Sulzbach | 531 | 21 | 21 | 575 | 200 | 3 : 1 |
| P. 461, SE Riedikon | 461 | — | — | 225 | 125 | 2 : 1 |
| P. 462, SE „ | 462 | — | — | 210 | 85 | 2½ : 1 |
| Klosterweid, SE Riedikon | 463 | 13 | 13 | 440 | 190 | 2⅓ : 1 |
| Bermel, S Riedikon | 461 | 11 | 11 | 275 | 140 | 2 : 1 |
| P. 460, N Mönchaltorf | 460 | — | — | 300 | 100 | 3 : 1 |
| P. 502, NW Gossau | 502 | — | — | — | — | — |
| Lindenbühl, NE Mönchaltorf | 497 | 11 | 21 | 1000 | 225 | 4½ : 1 |
| Honnet, N Gossau | 521 | 31 | 31 | 550 | 235 | 2⅓ : 1 |
| Galtberg, N „ | 499 | 9 | 19 | 350 | 175 | 2 : 1 |
| Scheinberg, SE Bertschikon | 551 | 21 | 31 | 450 | 240 | 2 : 1 |
| P. 542, E „ | 542 | 12 | 12 | 475 | 125 | 4 : 1 |
| Fuchsloch E „ | 555 | 20 | 20 | 560 | 150 | 3⅔ : 1 |
| Müss, E „ | — | — | — | 325 | 100 | 3¼ : 1 |
| Schnetzelsrüti, W Wetzikon | 565 | 25 | 25 | 725 | 200 | 3½ : 1 |

| Drumlin (Die Zahlen in m) | Höchster Punkt | Höhe NE-Seite | Höhe SW-Seite | Länge | Breite | Verhältnis Länge:Breite |
|---|---|---|---|---|---|---|
| S Neubruch, W Wetzikon | 547 | — | — | 1050 | 125 | 8½:1 |
| Tannenrain, SW „ | 578 | 18 | 18 | 500 | 200 | 2½:1 |
| W Steinacker, SW „ | 575 | — | — | 800 | 100 | 8:1 |
| Gutshalden, NE Grüt | 580 | 10 | 18 | 600 | 180 | 3⅓:1 |
| Buchholz, N „ | 565 | 25 | 25 | 600 | 150 | 4:1 |
| Tempel, NW „ | — | — | — | 1050 | 80 | 13:1 |
| Altenberg, SE Bertschikon | 548 | — | — | — | — | — |
| Rebrain, NE Gossau | — | — | — | 675 | 75 | 9:1 |
| Sigelsrüti, E „ | 537 | 17 | 17 | 600 | 175 | 3½:1 |
| NW Prampel, W Grüt | — | — | — | 300 | 130 | 2⅓:1 |
| N Prampel, W Grüt | 538 | 8 | 16 | 375 | 185 | 2:1 |
| S Prampel, S „ | — | — | — | 275 | 85 | 3:1 |
| Allenwinden, S „ | 522 | — | — | 200 | 80 | 2½:1 |
| Leimhalden, E Berg | 541 | 11 | 11 | 450 | 100 | 4½:1 |
| Hundsrücken, S Grüt | 550 | — | — | 690 | 200 | 3½:1 |
| Hasenacker, SE „ | 578 | 18 | 38 | 700 | 200 | 3½:1 |
| Böndler, SE „ | — | — | — | 300 | 75 | 4:1 |
| Allenberg, SE „ | 577 | 17 | 17 | 450 | 135 | 3⅓:1 |
| P. 555, im Kirchholz, S Wetzikon | 555 | 5 | 5 | 375 | 125 | 3:1 |
| P. 551, S Wetzikon | 551 | — | — | 250 | 50 | 5:1 |
| Hausbühl, S Wetzikon | — | — | — | 265 | 80 | 3⅓:1 |
| Ger, Wetzikon | 543 | — | — | 600 | 200 | 3:1 |
| Henne, E Wetzikon | — | — | — | 550 | 250 | 2⅕:1 |
| Hinterberg, NW Bossikon | 570 | 20 | 10 | 475 | 150 | 3:1 |
| Zelg, „ „ | - | — | 5 | 500 | 125 | 4:1 |
| Schwendi, S Wetzikon | 561 | 12 | 12 | 1000 | 175 | 5½:1 |
| Hatsberg, S „ | 560 | 10 | 10 | 450 | 90 | 5:1 |
| NW Hanfländer, S Wetzikon | — | — | — | 240 | 60 | 4:1 |
| Spitzholz, S Bossikon | 564 | 6 | 6 | 425 | 125 | 3½:1 |
| Pilgerweg, S Bossikon | — | — | - | 1100 | 100 | 11:1 |
| Pilgerwegholz, W Hinwil | 569 | 9 | 9 | 450 | 150 | 3:1 |
| P. 560, im Hinwilerried | 560 | — | — | 400 | 100 | 4:1 |
| Wappel, S Hinwil | 582 | 12 | 17 | 325 | 110 | 3:1 |
| P. 568, Schmeissel, S Hinwil | 568 | 8 | 8 | 350 | 115 | 3:1 |
| NW Schmeissel, S Hinwil | — | — | — | 260 | 85 | 3:1 |
| Sennweid, N Dürnten | 560 | 8 | 20 | 525 | 130 | 4:1 |
| Gablen, NW „ | 555 | 5 | 5 | 375 | 160 | 2⅓:1 |
| Hochacker, NW Bezholz | 558 | 8 | 8 | 520 | 170 | 3:1 |
| P. 555, E Herrliberg | 555 | 5 | 15 | 1600 | 250 | 6½:1 |
| Thalgütli, N „ | 548 | 8 | 8 | 625 | 105 | 6:1 |
| Bielholz, NE Ober-Ottikon | 557 | 17 | 17 | 875 | 220 | 4:1 |
| Zimmtberg, SW „ | 531? | 20 | 20 | 500 | 220 | 2¼:1 |
| Ottikerbühl, NW Unter-Ottikon | 541 | 21 | 31 | 475 | 225 | 2:1 |
| NE Bühl, N Grüningen | — | — | — | 200 | 80 | 2½:1 |

| Drumlin (Die Zahlen in m) | Höchster Punkt | Höhe NE-Seite | Höhe SW-Seite | Länge in m | Breite in m | Verhältnis Länge:Breite |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Trottacker, NE Grüningen | 509 | 9 | 9 | 550 | 150 | $3^2/_3$ : 1 |
| P. 501, NE „ | 501 | — | — | 110 | 50 | 2 : 1 |
| S Langmatt, NE „ | — | — | — | 100 | 50 | 2 : 1 |
| P. 505, NE „ | 505 | — | — | 420 | 70 | 6 : 1 |
| N Sennhütte, E „ | 505 | 5 | 5 | 325 | 130 | $2^1/_2$ : 1 |
| E Sädel, E Izikon | 517 | 7 | 7 | 260 | 100 | $2^1/_2$ : 1 |
| SE Izikon | — | — | — | 125 | 50 | $2^1/_2$ : 1 |
| Hanfgarten | 507 | 1 | 1 | 150 | 60 | $2^1/_2$ : 1 |
| Zweibollen, E Hanfgarten | 520 | — | — | 220 | 70 | 3 : 1 |
| Sibleten, S Ober-Ottikon | — | — | — | 300 | 75 | 4 : 1 |
| Bernet, SE „ | 557 | 17 | 27 | 650 | 210 | 3 : 1 |
| Grossholz, SW Herrliberg | 562 | 22 | 12 | 400 | 200 | 2 : 1 |
| P. 552, Sennwald | 552 | — | — | 170 | 85 | 2 : 1 |
| P. 540, N Herrschmettlen | 540 | — | 10 | 575 | 175 | $3^1/_3$ : 1 |
| N Buchmannshölzli, NW Herrschmettlen | — | — | — | 350 | 110 | 3 : 1 |
| Buchmannshölzli, W „ | 540 | 10 | 10 | 260 | 175 | $1^1/_2$ : 1 |
| Weissenbühl, NW Ermisried | 536 | 16 | 18? | 325 | 120 | $2^2/_3$ : 1 |
| Trudetshalde, NW Hinwil | 580 | — | — | 260 | 75 | $3^1/_2$ : 1 |
| E Kaibenhölzli, im Hard, E Nänikon | — | — | — | 150 | 75 | 2 : 1 |
| W „ „ „ „ „ | — | — | — | 120 | 60 | 2 : 1 |
| Oberwies, NW Bertschikon | 536 | 6 | 6 | 325 | 130 | $2^1/_2$ : 1 |
| Rebacker, S Sulzbach | 527 | ±12 | 17 | 400 | 125 | 3 : 1 |
| Tanni, E Sulzbach | 531 | 11 | 11 | 350 | 129 | 3 : 1 |
| Hungerbühl, E Sulzbach | 544 | 14 | ±14 | 350 | 175 | 2 : 1 |
| Setzholz, E Sulzbach | — | — | — | 300 | 90 | $3^1/_3$ : 1 |
| Weinhalden, N Sulzbach | — | — | — | 500 | 125 | 4 : 1 |
| Homberg, W Aathal | — | — | — | 500 | 125 | 4 : 1 |
| Langricht, W „ | — | — | — | 300 | 125 | $2^1/_2$ : 1 |
| P. 566, N Heusberg, W Aathal | 566 | ±14 | ±14 | 500 | 175 | 3 : 1 |
| Sack, W Aathal | 557 | — | — | 450 | 125 | $3^1/_2$ : 1 |
| Linggenberg, SW Aathal | 563 | — | — | 675 | 75 | 9 : 1 |
| Grundthal, NW Medikon | 553 | — | — | 300 | 125 | $2^1/_2$ : 1 |
| Stein, W Medikon | — | — | — | 550 | 225 | $2^1/_2$ : 1 |
| Burg, W „ | 564 | 14 | ±16 | 750 | 250 | 3 : 1 |
| Geflecket Weg, NE Bertschikon | 555 | ±7 | — | 540 | — | — |
| Eichholz, NE Bertschikon | 550 | 15 | 20 | 480 | 180 | $2^2/_3$ : 1 |
| Guldischloo (P. 561,8), Wetzikon | 561,8 | 12 | 12 | 500 | 225 | $2^1/_4$ : 1 |
| W Hundsgalgen, SE Aathal | 566 | — | — | 300 | 125 | $2^1/_2$ : 1 |
| E „ SE „ | 563 | — | — | 425 | 200 | $2^1/_8$ : 1 |
| Lerchen, E Aathal | 566 | — | — | 430 | 145 | 3 : 1 |
| Etstel, E Aathal | — | — | — | 225 | 65 | $3^1/_2$ : 1 |
| Steinberg, S Seegräben | 563 | — | — | 400 | 75 | $5^1/_3$ : 1 |
| P. 540, E Helligen, E Bertschikon | 540 | — | — | 175 | 60 | 3 : 1 |

### 5. Die leichte Moränenbedeckung und damit verbundene Kiese.

Zwischen den Drumlins treffen wir wiederholt Moore und Sümpfe an. In den meisten Fällen verdanken diese ihre Entstehung der leichten Bedeckung mit undurchlässigem Grundmoränenlehm. — Aufschlüsse in der flachen Moränenbedeckung ergeben aber, dass sie nicht überall aus Lehm mit gekritzten Geschieben besteht. An vielen Stellen treffen wir geschichtete Kiese an, deren unregelmässige Schichtung deutlich ihre Entstehung durch Gletscherbäche verrät. Der in nord-südlicher Richtung verlaufende, ± 4 m hohe Aufschluss im Kirchholz, südlich Nossikon, zeigt uns dies am deutlichsten. Im S ist der untere Teil in der Kiesgrube ganz aus Sand zusammengesetzt, darüber befindet sich unregelmässig, doch deutlich geschichteter Kies, in Sand eingelagert, und mit Sandlinsen, die lokal eine Mächtigkeit von ± 0,60 m erreichen. Das Ganze ist deutlich nachträglich gestaut worden vom Gletscher, dessen Reste noch an der Oberfläche liegen, und der im N taschenförmig eingedrungen ist. Die Grösse der Blöcke ist sehr verschieden. Es bleibt uns hier kein Zweifel, die Sande und Kiese sind präglazial. Sie sind abgesetzt durch die Schmelzwasser, die der Drumlinvergletscherung vorangingen, als das Eis schon in der Nähe war. Grosse Blöcke in diesen präglazialen Kiesen, wie sie u. a. gefunden wurden im Aufschluss E Punkt 478, südlich Nossikon und in der Grube bei Affeltrangen, sind vielleicht zurückzuführen auf den Transport durch Treibeis.

Diese präglazialen Kiese und Sande der Drumlinvergletscherung sind wahrscheinlich weit verbreitet im ganzen Tale. Sie werden wohl beinahe überall unter den Drumlins vorkommen, und vielleicht nehmen sie oft einen beträchtlichen Anteil an ihrem Aufbau, sei es als Kern oder als Basis.

Wo Aufschlüsse fehlen, ist es unmöglich, an der Oberfläche zu entscheiden, ob der Boden aus Grundmoränelehm oder aus fluvioglazialen Kiesen besteht. Die Grenzen zwischen beiden sind dann auch hypothetisch auf der Karte, und sehr wahrscheinlich wird sich später zeigen, dass viele Stellen, die ich einfach bezeichnet habe als „leichte Moränenbedeckung", aufgebaut sind aus fluvioglazialem Kiese.

Gute Aufschlüsse in den präglazialen Kiesen der Würmvergletscherung fand ich bei Affeltrangen, im Kirchholz südlich Nossikon, östlich Punkt 478 südlich Nossikon, nördlich von Winikerwiesen nördlich Uster.

An allen diesen Stellen sind die Sande und Kiese entweder deutlich von vorwärtsdringenden Gletschern gestaut worden, oder die Moränenbedeckung ist noch vorhanden. Es ist selbstverständlich, dass,

wo eine Moränendecke fehlt, wo gekritzte Geschiebe nicht gefunden wurden und keine Stauungserscheinungen einen sichern Nachweis von einer Eisbedeckung liefern, die Trennung der präglazialen und postglazialen Kiese der Würmeiszeit oft äusserst schwierig, wo nicht unmöglich war.

Zwischen Bezholz und Affeltrangen befindet sich ein $\pm$ 6 m hoher Aufschluss von geschichtetem Kies. Die Schichtung ist sehr deutlich, jedoch nicht überall gleich; lokal ist sie schief, an anderen Stellen horizontal. Es ist wieder die typische Ablagerung der Gletscherbäche. Grosse Blöcke (schiefriger, teils roter, teils gelber Verrucano bis $140 \times 80 \times 60$ cm, Sernifit $90 \times 90 \times 25$ cm, grosse Erratika von Appenzeller Granit, Taveyannaz-Sandstein und Röthidolomit) deuten auf die Nähe des Gletschers. Über dem Niveau dieses Aufschlusses, der ungefähr 544—550 m reicht, befindet sich eine leichte, wellige Bodenerhebung (Punkt 551). In diesem höheren Teil kommen gekritzte Geschiebe vor. Sehr wahrscheinlich stammen auch die geschrammten Blöcke, die im Schutt in der Kiesgrube gefunden wurden, von den Resten der dünnen Moränendecke, die sich einmal über die ganze Kiesmasse ausbreitete. Die Sümpfe in dieser Gegend ruhen wahrscheinlich auf einer äusserst dünnen Lehmbedeckung, denn die lose verkitteten präglazialen Kiese sind selbstverständlich sehr durchlässig für Wasser.

Unter dem Hause Rotenstein (542 m), südöstlich der genannten Grube, wurden die geschichteten Kiese schon in 2 m Tiefe erreicht. Auch am Oberberg (543 m) und am Binzberg (Bärenbach), nordwestlich Dürnten, fand man über den Schieferkohlen geschichtete Kiese, in Sand eingebettet. Am Schneehalden, nördlich Dürnten, wurde unter den geschichteten Kiesen vergebens nach Schieferkohlen gesucht (siehe Escher von der Linth, Tagebuch XI, pag. 1228). Prof. Escher erwähnt diese Kiese noch am östlichen Ufer des Baches, bei Kammern, wo sie auf 535 m Höhe auf Schieferkohlen ruhen.

Über diesem Kiese liegen überall erratische Blöcke (siehe z. B. das Profil bei Heer „Urwelt der Schweiz", I. Auflage, pag. 142).

Leider fehlen in diesem Gebiete momentan alle Aufschlüsse. Nach den Profilen und Beschreibungen zu urteilen, halte ich es für höchst wahrscheinlich, dass die Kiese bei Affeltrangen und die obere Partie am Oberberg, Binzberg (Bärenbach) und Schneehalden zusammen entstanden sind. Ihre Bedeckung mit Lehm und geschrammten Geschieben deutet darauf hin, dass es präglaziale Kiese der Würmvergletscherung sind, die derselben unmittelbar vorangingen. Ihrem Aussehen nach unterscheiden sich die Kiese bei Affeltrangen sofort von den später zu besprechenden Aatalkiesen. Die Verkittung ist eine lose; man bekommt gar nicht den Eindruck, dass sie schon lange abgelagert sein

mussten, bevor sie vom Gletscher bedeckt wurden, was bei den Aatalkiesen offenbar wohl der Fall war (siehe Früh 105, pag. 48). Sernifite, besonders sehr grosse, treten massenhaft auf. Die Grösse der Steine wechselt sehr stark. Gerölle von der Grösse wie hier, habe ich in den Aatalkiesen niemals festsitzend gefunden. Auch aus ihrem Vorkommen über den Schieferkohlen schliesse ich, dass sie zur Drumlinvergletscherung gehören.

Als im Jahre 1858 beim Bau der Eisenbahn Uster-Rapperswil die Schieferkohlen von Schöneich bei Wetzikon gefunden wurden, zeigte sich ein Lager von geschichteten Kiesen über den Schieferkohlen ungefähr im Niveau 550—540. Auch hier liegen gekritzte Geschiebe über den Kiesen. Ich zweifle nicht, diese Kiese gehören ebenfalls zu den präglazialen Ablagerungen der Drumlin- oder Würmvergletscherung.

Wahrscheinlich ist die ganze Gegend zwischen Dürnten und Wetzikon unter den Drumlins mehr oder weniger aufgebaut aus den präglazialen Kiesen und der darüber liegenden dünnen Moräne der Drumlinvergletscherung. Wo diese Kiese südlich von Bezholz und südlich Wetzikon meines Wissens nachgewiesen wurden, habe ich sie auf der Karte eingezeichnet. Auf der Strecke zwischen Bezholz und Wetzikon ist nur die leichte Moränenbedeckung angegeben, weil die Bohrungen bei Bossikon kein deutlich ausgesprochenes Kieslager ergaben (siehe später, Schächte Nr. 12, 13, 14).

Doch fehlen die Kiese hier in der Umgebung nicht, wie hervorgeht aus der Bemerkung von Prof. Escher von der Linth: „Von Dürnten gegen Wetzikon ausgedehnte hüglige Landschaft mit Kiesboden ohne anstehende Molasse“ (Notizen XVII, pag. 139).

Herr Dr. Messikommer hatte die Freundlichkeit, mir sein Tagebuch zur Verfügung zu stellen. Ich benutze hier dankbar die Gelegenheit, seine Profile alter Versuchsschächte und Sodbrunnen der Öffentlichkeit zu übergeben, damit sie nicht vergessen werden.

Als der Würmgletscher sich aus dem Glattal zurückzog, blieb die hügelige Moränenlandschaft mit den Drumlins zurück. Auf der flachen, undurchlässigen, lehmigen Moräne zwischen den Hügeln bildeten sich eine Menge Sümpfe und Moore. An anderen Stellen war die Moräne mehr sandig und reich an Kiesen. Hier haben die Bäche des sich zurückziehenden Eises die Kiese ausgespült und talabwärts ausgebreitet. Diese Kiese sind ebenfalls geschichtet, doch es fehlt hier natürlich eine Moränenbedeckung. Sie gehen unmerkbar in die alluvialen Kieslager über.

Solche postglaziale Kiese scheinen mir die folgenden zu sein:

1. bei Punkt 511, südlich vom Wege von Ober-Uster nach Ottenhausen.

## Tiefe und Profile von einigen Sodbrunnen, aus dem Tagebuch von Herrn Dr. J. Messikommer in Wetzikon.

| Gemeinde | Ort | Eigentümer | Tiefe 1′ = 0,3 m | Profile | Bemerkungen |
|---|---|---|---|---|---|
| Wetzikon | Schöneich | Schneider-Ruegg | 11′ | Kies und Lehm | |
| | Breite | Jb. Hirzel | 10′ | Gerölle | |
| | Weidli | J. Baumann | 12′ | „ | |
| | Schöneich | Jb. Knecht | 13′ | „ | |
| | „ | J. Wirz | 12′ | „ | |
| | „ | H. Pfister | 14′ | „ | |
| | Mattacker | H. Wolfensberger | 13′ | „ | |
| | Unter-Wetzikon | Hartmann | 12′ | „ | |
| | „ | H. Wolfensberger | 34′ | Weisser und blauer Estrich (Grundmoräne) | |
| | „ | Schulpfl. Hamberger | 34′ | „ „ „ „ | |
| | „ | Zunftr. Giebelm? | 35′ | Estrich, Sand und Kies | |
| | „ | J. Weber | 13′ | 6′ Erde und 7′ Lehm | Mitte des Dorfes |
| | „ | Schlosser Schoch | 28′ | Estrich (= Grundmoräne) | Strasse nach Grüt |
| | „ | Jb. Bauert | 30′ | „ | „ „ „ |
| | Walfershausen | Hirzel | 6′ | Gerölle | Bei der Scheune |
| | „ | Bietenholz | 10′ | „ | |
| | „ | Mühle | 24′ | „ | |
| | Robank | Tobler | 30′ | „ | |
| | Neubruch | — | 18′ 16′ 18′ | „ | |
| | Rotenstein | Egli | 30′ | „ | |
| | Ober-Medikon | — | 37′ 18′ | „ | |
| | Morgen | — | 32′, 60′, 24′, 27′ | Estrich | |
| Gossau | Grüt | 10 Sodbrunnen | 24′—70′ | „ | |
| | Langweid | Müggli | 24′ | „ | |
| | Unter-Goldacker | — | 18′ | Gerölle | |
| | Tollenacker | Hirzel | 16′ | 10′ Erde und 6′ Grin | |
| | Nassrüti | Egli | 22′ | Erde und Grin | |
| | Böndler | Baumann | 28′ | Gerölle | |
| | „ | Zollinger | 40′ | blauer Estrich | gegen Hundsrücken |
| | „ | Bodmer | 30′ | „ „ | „ „ |
| | Unter-Böndler | Zollinger | 32′ | Estrich, Gerölle | |
| | Bruschweid | Kunz | 18′ | Sand und Grin | |
| | Nasswies | (bei der Scheune) | 37′ | Estrich | |
| | Ziel | Wild | 40′ | „ | |
| | Herrliberg | 4 Brunnen | 18′—24′ | „ | |

2. in der grossen, + 6 m hohen Kiesgrube südlich Ledi, westlich Wermatswil.
3. Nördlich Punkt 481, nördlich Winikon.

Die Kiese, welche aus dem Aatal gespült wurden, besprechen wir bei den alluvialen Ablagerungen.

Weil es mir bei „Boden" (östlich Uster) in einigen Aufschlüssen westlich Wermatswil, bei Rebacker, südlich Sulzbach, bei Thunweid, nördlich Bertschikon, bei Robank und westlich von Medikon unmöglich wurde, immer zu entscheiden, ob da präglaziale oder postglaziale Kiese der Würmvergletscherung vorlagen, habe ich diese alle auf der Karte unter dem Namen „Fluvioglaziale Kiese der Drumlinvergletscherung" zusammengefasst. Aus dem Text geht hervor, dass die meisten sicher präglaziale Kiese sind.

Neben einer grossen Anzahl Kalke und Sandsteine, deren genaue Herkunft nicht bestimmbar ist, und vielen Steinen aus dem eocänen Flysch und aus der miocänen Nagelfluh, kommen in der leichten Moränendecke und in den Drumlins viele Glarner-, Walensee- und Rheingesteine vor, die von den Gletschern aus ihrer Heimat hierher transportiert worden sind. Unter den kieseligen Gesteinen tritt der als Sernifit bekannte rote Verrucano stark in den Vordergrund. Man findet ihn überall und in allen Grössen. Alle kristallinen Gesteine treten gegen diesen Verrucano stark zurück. In Quantität folgt auf den Sernifit der bekannte Taveyannaz-Sandstein aus dem Linthtal.

Dieses Vorherrschen der Glarner-Gesteine gegenüber den Rhein-Gesteinen charakterisiert die Vergletscherung der Würmeiszeit im Glattale. Doch findet man hier auch viele Erratica, die aus dem Rheintale stammen, z. B.: Juliergranit, Tavetschgneiss, Tavetschgranit (weiss), Rofnaporphyr, Adulagneiss, Roter und grüner schiefriger Verrucano, Gequetschter Felsit-Porphyr, Diorit aus dem Oberhalbstein, Zweiglimmergneiss.

Nicht genau bestimmbar war die Herkunft von dem vielfach auftretenden Ruinenmarmor. Dieser mergelige Kalksandstein erhält erst beim Verwittern die eigentümlichen Flecken und Streifen, denen er seinen Namen verdankt. Er kommt sehr viel vor in der Nagelfluh, und wurde von Prof. Früh u. a. anstehend gefunden an der Fähnern im Säntisgebirge. Ferner sind hier zu nennen: Weisse und gefärbte Quarzite, Grüne Porphyrite (aus dem Silvretta-Massiv oder aus der Nagelfluh), Gebänderte (weiss und grün) Diorite (in Sandalp und Rheingebiet vorkommend), Bunter Verrucano (Rheintal und Lintthal), Liassandstein (südlich Walensee und Linthgebiet), Amphibolgneiss (in Linth- und Rheingebiet anstehend), Biotitgneiss, Gault-Sandstein (in Walensee-, Linth- und Rheingebiet anstehend).

Aus diesen Erratica geht hervor, dass sich während der Drumlinvergletscherung ein Arm des Rheingletschers mit dem Linthgletscher vereinigte, und dass ein Teil dieser Eismasse das Glattal bedeckte. Es scheint, dass der Linthgletscher damals mächtiger war als der zutretende Arm des Rheingletschers; die Glarnergesteine treten jedenfalls stark in den Vordergrund.

Ganz grosse Erratica sind im südlichen Glattale selten. Die meisten sind dem Häuserbau zum Opfer gefallen. Nur östlich Nänikon, südlich von „Höhe" fand ich noch einen ± 90 m³ grossen erratischen Block, aus miocäner Nagelfluh bestehend. — Auffallend sind die grossen Findlinge, alle aus miocäner Nagelfluh, die sich am westlichen Rande des Pfäffikersees in den Kiesgruben und Aufschlüssen befinden (z. B. bei Drumlin Steinberg). Keiner erreicht aber mehr als 1 m³ Inhalt. — Sernifite, Kalke, Blöcke miocäner Nagelfluh und Quarzite liegen hie und da am Wege oder bei den Häusern.

Die grössten sind: ein Nagelfluhblock (110:70:75 cm) und ein Sernifit (85 : 60 : 40 cm), beide am rechten Ufer des Aabaches, etwas unterhalb der Station Aathal.

## 6. Die Schieferkohlen.

An drei Stellen in unserem Gebiete sind bis jetzt Schieferkohlen gefunden worden, und zwar zuerst nordwestlich Dürnten, dann südlich Wetzikon, und endlich nördlich Gossau. Die Schieferkohlen in Schöneich bei Wetzikon haben eine wissenschaftliche Berühmtheit erhalten, weil Prof. Escher von der Linth an ihnen zuerst das sichere Vorkommen von zwei Eiszeiten in der Schweiz nachwies. Die andern Schieferkohlen liegen, wie wir sehen werden, ebenfalls zwischen glazialen Ablagerungen.

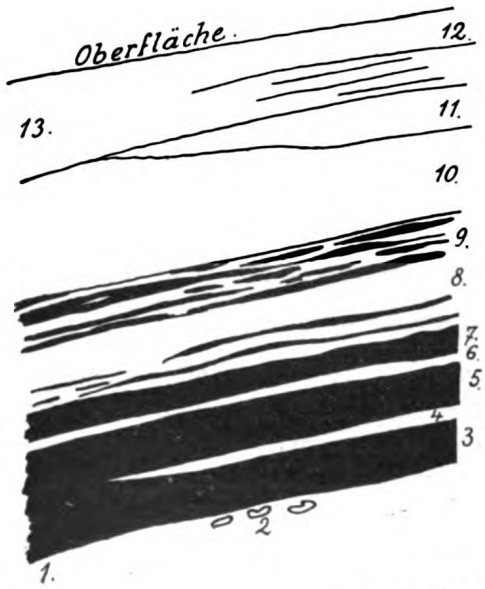
## 7. Die Schieferkohlen bei Dürnten.[1])

Schon seit sehr langer Zeit werden die Schieferkohlen nordwestlich Dürnten, am Oberberg und am Binzberg, (Bärenbach) ausgebeutet. Im Anfang wurde hier einfacher Raubbau getrieben. Die Gegend gehörte einer ganzen Menge Eigentümer, von denen jeder auf seine Weise die Schieferkohlen ausbeutete, ohne sich um den andern zu kümmern. Zugunsten der armen Dorfbewohner fand nur Tagbau statt. Bei diesem ungeordneten Abbau ergaben sich eine grosse Menge Schwierigkeiten. Das Wasser hatte keinen rechten Abzug, und natürlich sorgte keiner für eine genügende Verbesserung. Ein

[1]) In den folgenden Profilen sind stets die Originalzahlen unverändert belassen Dabei bedeuten: 1′ = 1 schweizer. Fuss = 30 cm, 1″ = 1 Zoll = 3 cm, 1‴ = 1 Linie = 3 mm, „Estrich" = Grundmoräne, „Grien" oder „Grin" = Kies.

hinlänglicher Ablagerungsplatz für den heraustransportierten Schutt fehlte. Jeden Winter stürzte der ausgegrabene Teil ein, und alle Frühjahre konnte man aufs neue anfangen, den Schutt vom vorigen Jahre auszuheben. — Die notwendige Folge von diesem abscheulichen Raubbau war natürlich das Aufhören der Ausbeutung.

Im Anfang der 50er Jahre verbesserte sich der Zustand. Das ganze Gebiet wurde von einigen Unternehmern gekauft, die einen geordneten regelmässigen Abbau anfingen. Einige Stollen wurden




13. Mergel verlaufend in Grien
12. Grien aus Nagelfluhgeschieben
11. ebenso
10. mergelartiger Letten
9. Schieferkohlen in Letten
8. hellgrauer Mergel
7. 9'' Kohle
6. 3—4'' dunkelgrauer „Tanggis"
5. 2½—3' Kohle
4. 3'' „Tanggis"
3. 2½' Kohle
2. Reste von Elephas
1. Letten voll Paludina, Cyclas etc.

Masstab ca. 1 : 60.

Profil Nr. 4.

**Im Schieferkohlenabbau bei Dürnten.**

Nach Arnold Escher von der Linth, 28. XII. 1847.

getrieben, um die früher stehen gebliebene Kohle auszugraben, und es ergab sich, dass bei einer gut organisierten Exploitation noch ein grosser Ertrag zu gewinnen war.

Sehen wir uns jetzt dieses Gebiet genauer an. Wie schon früher gesagt wurde, befindet sich nordwestlich Dürnten eine wellige, hügelige Landschaft, die in den oberen Partien aus geschichteten Kiesen mit überliegender dünner Moränendecke besteht. Unter diesen Kiesen wurden am Oberberg, am Binzberg (Bärenbach) und bei Kammern (zwischen Dürnten und Edikon) Schieferkohlen gefunden.

Als Höhe, auf welcher die Schieferkohlen hier vorkommen, finde ich bei Heer (142) und bei Brückner (76. Lief. V, pag. 532) angegeben 515 m und 510 m ü. M. Schon bei meinem ersten Besuch der

Ausbeutungsstelle, als Dr. Messikommer mir die Stelle zeigte, wo die Kohle bei Tagbau gewonnen wurde, fiel es mir auf, dass sie hier nicht auf 515 oder 510 m gelegen sein können. Leider sieht man von den Kohlen nichts mehr, nur Einsenkungen zeigen uns die Stellen, wo einmal die Ausbeutung stattfand. Im N des Oberberges befinden sich diese Vertiefungen auf + 540 m, und Dr. Messikommer aus Wetzikon, der bei der Ausgrabung anwesend war, versicherte mir, dass hier die Kohle direkt an die Oberfläche reichte. — Später fand ich in den Notizen von Prof. Escher von der Linth (Notizen 17, pag. 164) folgende Bemerkung, die offenbar bei einem Besuch des Kohlenbergwerks Dürnten geschrieben wurde: „Hängt mit Utznach nicht direkt zusammen, nur auch Sch. K. bei Eschenbach." „Dürnten liegt mehrere (?, undeutlich geschrieben, wahrscheinlich gemeint: mehr als) 100′ höher." Im selben Notizbuch, pag. 181, schreibt Escher „Schacht Nr. 1, 300′ WNW vom Kohlenbruch, auf dem höchsten Punkte des Hügels. Nach Durchbohrung von 12′ Lehm und Sand mit kleinen Steinen vermischt, wurde die Kohle erbohrt, dann innegehalten." Der höchste Punkt des Hügels (gemeint ist der Oberberg) erreicht 543 m. Die Kohle wurde hier also angetroffen bei 539,4 m.

Allerdings schreibt Prof. Escher später über die Schieferkohlen, die bei Dürnten wie bei Uznach in 515 m ü. M. gefunden wurden. Dieser Irrtum ist wahrscheinlich dadurch entstanden, dass das Dorf Dürnten auf 515 m liegt. Heer schreibt in seiner „Urwelt der Schweiz" pag. 485: „In der Gemeinde Dürnten (515 m ü. M.) befinden sich die Schieferkohlenlager" etc., und weiter (pag. 489): „Das Kohlenflötz von Utznach stand vielleicht mit dem von Dürnten in Verbindung, wofür ein freilich wenig mächtiges Schieferkohlenlager in Eschenbach spricht. Es liegt fast genau in derselben Höhe (515 m ü. M.)." — Prof. Brückner (76, Lief. V, pag. 532), welcher der Zusammengehörigkeit der beiden Lager widerspricht, schreibt: „. . . . Dem gegenüber will es nichts sagen, dass beide Kohlenlager sich in 510 m Höhe befinden."

Diese meiner Meinung nach falsche Höhenangabe ist so allgemein verbreitet, dass ich gefunden habe, sie hier wohl so ausführlich besprechen zu dürfen.

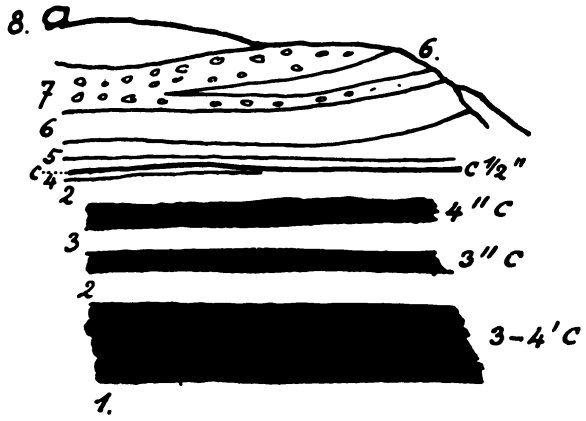
Die Schieferkohlen bei Dürnten, wie die später zu besprechenden bei Schöneich, befinden sich also auf + 535—540 m über Meeresniveau.

Die Kohle bei Dürnten ist zu unterscheiden in sogenannte obere und untere Kohle, wie die Arbeiter sagen. Die obere Kohle besteht aus mehreren dünnen Kohlenstreifen, oft wohl vier oder fünf übereinander, getrennt durch bituminösen Mergel. Unter diesen Flötzen folgt zuerst eine dickere Mergelschicht, dann die sogenannte untere

Kohle, die im Profil Nr. 1 von Escher von der Linth 3—4′ Mächtigkeit besitzt.

Am nördlichen Teil des Oberberges, etwas südlich vom Anfang des Waldes, traten bei dem Abbau diese fünf Schichten übereinander zu Tage, wie mir Herr Dr. Messikommer mitteilte.

8 = errat. Nagelfluhblock
7 = Geröll mit Letten (Grundmoräne)
6 = gelbl. u. blauer Letten
5 = bläul. u. gelbl. Mergel
4 = 2″ schwarzer Mergel
3 = grauer bituminöser Mergel
2 = hellgrauer Mergel
1 = Muschelmergel
c = Schieferkohle.




Profil Nr. 1.

**Schieferkohlen am Oberberg bei Dürnten nach Arnold Escher v. d. Linth** (Tagebuch II, pag. 44) Masstab ca. 1:50.

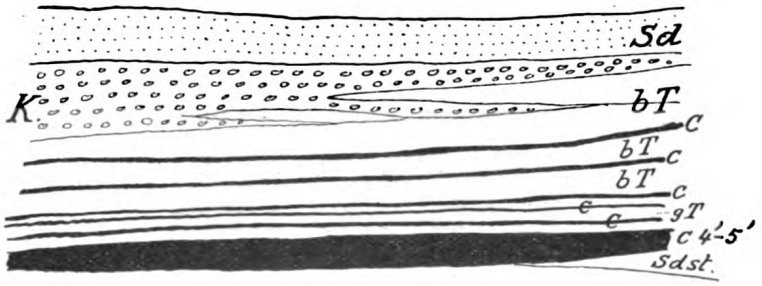
An welcher Stelle das gegebene Profil Nr. 1 von Escher genommen ist, konnte ich nicht entscheiden. Prof. Escher hat dieses Profil nur gezeichnet, um anzudeuten, dass „die Ablagerung der Schieferkohlen im allgemeinen wohl fast horizontal und regelmässig ist, und dass die früher angenommenen steilen Einsenkungen (siehe unten) sich nur auf einige Unregelmässigkeiten am Ausgehenden beschränken“ (Tagebuch II, pag. 44).

Die Hauptlagerung der Kohle befand sich am Südabhang des Oberberges. Ungefähr 300′ ESE des höchsten Punktes des Hügels war der Kohlenbruch, von welchem Prof. Escher folgendes Profil 2 entwarf. Unter einem Lager von gelblichem Sand, Grien und blauem Ton folgen zuerst die vier dünnen Kohlenbänder der oberen Kohle. Der obere Streifen liegt etwas isoliert und ist von den andern getrennt durch eine ziemlich dicke Schicht blauen Tons. Die drei unteren dünnen Bänder erreichen mit dem zwischenliegenden bituminösen

grauen Ton zusammen nur eine Mächtigkeit von ca. 4′. Darunter folgt das eigentliche Kohlenlager, die + 4—5′ mächtige untere Kohle (Escher, Tagebuch XVII, pag 182).

„Die Schieferkohlen streichen am Oberberg h 10—11 und fallen am südöstlichen Rande des Hügels gegen Südwesten, etwas steiler als die Oberfläche des Hügels selbst ist" (Escher). Hierdurch ist es zu erklären, dass am Oberberg, wo die Schieferkohlen noch normal, horizontal liegen, Tagbau getrieben wurde, während am Binzberg nur Tiefbau stattfand. In der Ebene ist das Flötz ganz deformiert, es steht da stellenweise senkrecht statt horizontal und ist dann nur von einer dünnen Schicht Ackererde bedeckt. Diese abnormale Lage

Sd = gelblicher Sand. gT = grauer bituminöser Thon
K = Grien (Kies) c = Schieferkohlenschichten
bT = blauer Thon Masstab ca. $\frac{1}{300}$



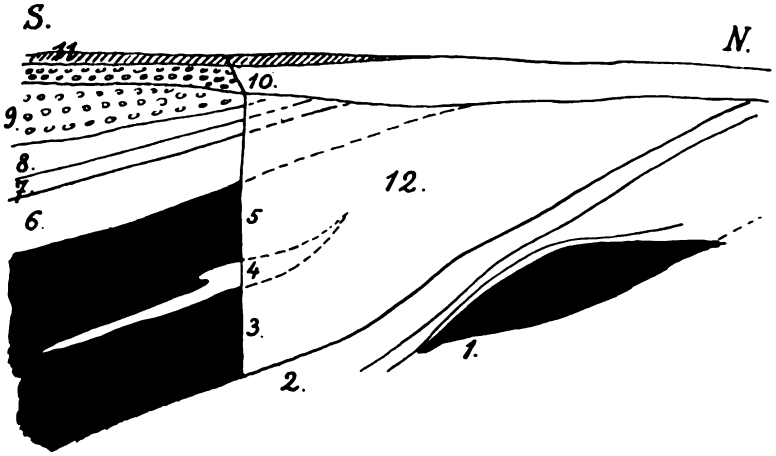

Profil Nr. 2.

**Schieferkohlenbruch am Südende des Oberberg bei Dürnten**
nach Arnold Escher von der Linth. (Tagebuch XVII, pag. 182).

wird wohl auf nachträgliche Verrutschung zurückzuführen sein. Auch in der Grube selbst trifft man stellenweise Unregelmässigkeiten, durch lokale Wegführung von Material entstanden. In dem Profil Nr. 3 von Prof. Escher befinden sich zwischen den Kohlenflötzen nur Mergel und Letten, über denselben liegt ein Lager von Grien und Sand. In seinem Notizbuch erwähnt Prof. Escher noch das Vorkommen von „Estrich" und Erratica an der Oberfläche des Oberberges. Von den Kiesen, die nach Prof. Heer stellenweise eine Mächtigkeit von 9 m erreichen (Heer 142 pag. 487) ist jetzt absolut nichts mehr zu sehen, da das ganze Terrain bewachsen ist. Aus der Analogie mit dem mehr nördlich gelegenen Gebiet scheint es mir aber sehr wahrscheinlich, dass diese Kiese über den Schieferkohlen zu den präglazialen Kiesen der Drumlin- oder Würmvergletscherung gehören, und dass die überliegende Moränendecke der allgemeinen leichten Moränenbedeckung dieser Eiszeit angehört.

Das bekannte Profil von Prof. Heer in seiner „Urwelt der Schweiz“ (pag. 487) zeigt „ein mehrere Fuss mächtiges Geröllager, in dessen Mitte ein Nest von reinem Sand“ zwischen einer mächtigen unteren Kohlenschicht und einem schwachen oberen Kohlenbändchen. Wahrscheinlich müssen wir in diesem Geröllager einen Absatz von Bächen sehen. Inwiefern die Bäche aus der Umgebung Anteil ge-

1 = Kohlennest 6--8'
2 = Lett 2—10'
3 = Schieferkohle 6'
4 = Lett 3'
5 = Schieferkohle 8'
6 = graulicher Lett
7 = schwarzer Lett und Kohle 1" Kohle
8 = Lett 3'
9 = Gerölle 6'
10 = Gerölle
11 = Humus
12 = Abgebaut




Profil Nr. 3.
**Auf der Höhe des Oberberges bei Dürnten**
Gezeichnet v. Arnold Escher v. d. Linth, 6. IV. 1857.

nommen haben an der Bildung der überliegenden Gerölle, war natürlich nicht zu entscheiden, weil keine Aufschlüsse vorhanden waren.

Über die Tiefe des Kohlenlagers geben die folgenden Notizen von Prof. Escher (Tagebuch XVII pag. 181) über die von Mathes Salesi angelegten Bohrlöcher Auskunft.

1. 300' westnordwestlich vom Kohlenbruch auf dem höchsten Punkte des Hügels. Nach Durchbohrung von 12' Lehm und Sand mit kleinen Steinen vermischt wurde die Kohle erbohrt, dann inne gehalten.
2. Zirka 150' von Nr. 1 entfernt. Bei 8' Tiefe kam man auf Steine, die tieferes Bohren hinderten.
3. Zirka 150' westnordwestlich von Nr. 2. Dieselben Verhältnisse.

4., 5., 6. Ebenso, nur dass erst in 12′ Tiefe Steine tieferes Bohren verhinderten.

7. In der Mitte des Bärenbächli, 30′ tief; nach 9′ Tiefe war der Boden ganz von Wasser durchdrungen und das Bohrloch füllte sich fortwährend mit Schlamm, so dass Salesi aufhörte zu bohren. Bei zirka 200′ weiter westlich wurde bei Grabung eines Brunnens ebenfalls noch Schieferkohle gefunden. [In einer später eingefügten Notiz vom 24. August 1870, im Tagebuch IV, heisst es: Bei Bärenbach Kohle im Durchschnitt ± 15 Zoll dick, untertäuft von zirka 1′ bituminösen Lettens unter dem „Silber“ (weisslicher Kalkletten)].
8. Zirka 12′ tief, dann Steine, die tieferes Bohren hinderten.
9. Zirka 18′ tief. Unter gelbem, mit etwas Grien gemengtem Lehm stiess man auf harten Stein, der tieferes Bohren hinderte.
10. Zirka 7′ tief. Verhältnisse wie bei 9.
11. 12′—14′ tief, idem. Das Gestein auf dem Grunde der Bohrlöcher 9, 10, 11 ist wahrscheinlich ein der Molasse angehöriges Lager von Süsswasserkalkstein, wie sich aus dem zu Tiefegehen dieser Gesteine in der Nähe der drei Bohrlöcher vermuten lässt.
12. Zirka 18′ tief. In der Nähe der Erdoberfläche Lehm mit etwas Geröll, dann gelblicher Sand, in zirka 15′ Tiefe durchbohrte man eine unreine, zirka ½′ starke Lage von Schieferkohlen.

Die letztgenannte Bohrung war wahrscheinlich die bei Kammern am Kirchberg, zwischen Dürnten und Edikon; wo, wie Escher an anderen Stellen bemerkt, Schieferkohlen gefunden wurden auf 535 m Höhe. Das Flötz war aber zu unbedeutend, um bauwürdig zu sein.

Als auffallende Merkwürdigkeit erwähnt Escher, dass am Schneehalden, zwischen Oberberg und Kammern, jede Spur von Schieferkohlen fehlt, obwohl die Griengrube am Schneehalden doch offenbar einmal direkt mit dem Geröllager am Kirchberg zusammenhing.

Das Kohlenflötz von Dürnten ruht, nach Angabe von Prof. Heer (142 pag. 486) auf einem feinen, gelblichgrauen Letten. „Ein Schacht, welcher durch denselben bis 30′ unter das Kohlenflötz geführt wurde, zeigte, dass tiefer unten eine Masse von gerollten Steinen in den festen Letten eingebacken sind; die Molasse wurde aber nicht erreicht, da der Andrang von Wasser das Tiefergraben verhinderte.“ Hier wurde wahrscheinlich die Grundmoräne der Riss-Eiszeit angebohrt, die unter Schöneich sicher nachgewiesen ist, zuerst von Prof. Escher von der Linth und später von Prof. Heim (siehe Aeppli 154).

Die Mächtigkeit der Schieferkohlen im Bergwerk Dürnten schwankte zwischen 2′ und 12′. Als mittlere Mächtigkeit der ver-

käuflichen Kohle gibt Heer (142 pag. 485) 3,75 Fuss. Die Anzahl der Lettenbänder zwischen den Kohlen variiert zwischen 6 und 2. 6 fand man an der mächtigsten Stelle, 2 wo das Lager nur gering und wahrscheinlich grösstenteils zerstört war.

Die regelmässige Ausbeutung der Schieferkohlen hat hier stattgefunden von 1854 bis 1886 (nach Aussage eines Arbeiters).

Heer gibt an, dass bis zum Juni 1862 im ganzen 8090 Quadratklafter Flötzfläche am Oberberg abgebaut waren, und dass 736,800 Zentner grüne Schieferkohlen gewonnen wurden, die etwa 482,000 Zentner lufttrockener Kohle ergaben. Die Exploitation hat am Binzberg im Jahr 1862 angefangen. 1872 waren 89,125 Quadratklafter abgebaut. 32,770 Zentner Kohle wurden da im Jahre 1868 gewonnen, 24,371 Zentner im Jahre 1872 (Heer 143).

Seit 1886 ist die Ausbeute ganz ausgegangen. Wohl befinden sich nach Mitteilung der Bewohner noch Schieferkohlen unter den Äckern im Norden des Oberberges und des Binzberges, doch die Quantität ist gering, und ausserdem hat das Wasser hier keinen natürlichen Abfluss.

### 8. Die Schieferkohlen von Schöneich.

Als im Jahre 1858 die Eisenbahn Uster-Rapperswil gebaut wurde, entdeckte man in einem Einschnitt etwas südlich von Wetzikon Schieferkohlen. Eine genauere Terrainuntersuchung ergab ein ansehnliches Kohlenlager, das jedoch in Mächtigkeit hinter dem von Dürnten zurückstand. Dabei ergab sich die Schwierigkeit, dass das Lager bei Schöneich unter dem Talweg des Wetzikerbaches lag, so dass Auspumpen des Wassers bei dem Abbau notwendig sein würde (Escher von der Linth. Notizen XVII pag. 142). Trotz dieser Schwierigkeit verlangte und erhielt Herr Ferdinand Bertschinger im Jahre 1862 die Konzession zur Ausbeutung dieses Terrains, und die Resultate haben ergeben, dass die Exploitation eine vorteilhafte war.

Während 19½ Jahren, von 1862—1881 fand der regelmässige Abbau statt. Herr Bergbauaufseher Jucker von Ettenhausen, der alle diese Jahre täglich in diesem Kohlenwerk arbeitete, hatte die Freundlichkeit, die äussersten Grenzen des Gebietes, wo Kohlen vorkamen, zu Fuss mit mir zu verfolgen, so dass ich Gelegenheit hatte, die genaue Umgrenzung auf der 1 : 25,000 Karte einzuzeichnen. Die genauen Angaben von Herrn Jucker hatten darum für mich so viel Wert, weil ich trotz vieler Mühe keinen einzigen zuverlässigen Plan in grossem Masstab bekommen konnte. Als nämlich der Besitzer, Herr Bertschinger, gestorben war, hat seine Witwe alle Pläne, Papiere, und was sich weiter auf das Bergwerk bezog, verbrannt.

Genaue Angaben des Ertrags und der Qualität fehlen meines Wissens, ausser was Prof. Heer in seiner „Urwelt" (143) publizierte, was in den Manuskripten von Prof. Escher von der Linth vorkommt und was mir Herr Jucker aus seiner Erinnerung mitteilen konnte[1]).

Aus der Karte geht hervor, dass das Kohlenlager sich in NS-Richtung weiter ausbreitete als von E nach W. Die Länge des aufgeschlossenen Feldes beträgt 450 m, die Breite 110 m, das Areal umfasste also zirka 49,600 $m^2$. Hiervon wurden 41,000 $m^2$ abgebaut (Heer 143).

Direkt südlich von der Scheune gegenüber Waldacker wurde im Niveau ± 540 m der Hauptschacht gegraben bis auf 38 Fuss Tiefe. Weiter konnte man nicht eindringen wegen dem Wasser, das aufquoll aus dem unterliegenden Schliesand. Zwar lag die Kohle überall höher als 38′ unter der Oberfläche, doch die grosse Tiefe des Schachtes war notwendig wegen der Abfuhr des Wassers, das reichlich vorhanden war. Von diesem Hauptschacht aus wurde der Hauptstollen südwärts getrieben. Er war 15′ breit und enthielt 2 Geleise (Mitteilung von Herrn Jucker).

Bei dem Abbau war man genötigt, ein festes wasserdichtes Dach stehen zu lassen, denn es ergab sich, dass der Abbau zwischen zwei Wasserschichten stattfand. Schon beim Bau des Schachtes bemerkte man, dass sich Wasser vorfand in den Kiesen ob der Kohle und wirklich zeigten sich an dem Schieferkohlendach überall Wassertropfen. Wo diese Decke Spalten und Risse zeigte, sickerte das Wasser sogar reichlich durch (Escher von der Linth. Notizen XVII p. 142).

Eine andere Schwierigkeit gab der fortwährend wirkende Druck, durch welchen die Tragbalken immer wieder aufs Neue zerdrückt wurden.

Der westliche Teil des Kohlenterrains liegt mit der Oberfläche auf ± 550 m, der östliche auf ± 540 m. Es ist auffallend, dass die grosse Tiefe und die grosse Mächtigkeit der Kohle ausschliesslich vorkommen in dem höheren westlichen Teil des Gebietes. Währenddem bei Breite und Weidli die Schieferkohlen ± 8′ mächtig sind und bei 28′ Tiefe erreicht wurden, fand man bei Waldacker auf

[1]) Nachträglich erhielt ich durch Vermittlung des Herrn Prof. Heim von Herrn Verwalter Burkhardt in Käpfnach die offiziellen Pläne aus dem Nachlass seines Vaters, der öfters das Bergwerk besucht hatte, als es noch in vollem Betrieb war und der als Hülfsarbeiter des Herrn Bergrat Stockar-Escher die Aufgabe hatte, den Grubenplan im Masstab 1 : 500 stets nachzuführen. Leider ist dies nur bis 1874 geschehen, während die Ausbeute erst 1878 oder 1881 eingestellt worden ist. Ich bin in der angenehmen Lage, eine von Herrn Prof. Heim hergestellte, verkleinerte und vereinfachte Kopie des Grubenplanes in der oberen Ecke rechts der Karte beigeben zu können.

± 16′ Tiefe nur 5′ Kohle und auf der Ebene, 10′ westlich der Eisenbahn, südöstlich Waldacker, nur 4′. Über den Grenzen des Gebietes nimmt die Quantität plötzlich sehr rasch ab. Westlich von Weidli und Breite fand man bald gar keine Spuren von Kohlen mehr. Südlich von Weidli, direkt vor Anfang des Waldes, erbohrte man bei 28′ Tiefe (auf 550 m) noch 4—4½′ Kohle; im Walde, westlich der Strasse, an der äussersten Grenze, noch ± 2 Fuss. Wegen des vielen Wassers fand an der letztgenannten Stelle jedoch keine Ausbeutung mehr statt, wie dies auch der Fall war bei dem meist südlichen Fundort im Walde, wo noch ± 2 Fuss Kohle liegen. Eine Menge runder Einsenkungen im Walde zeigen noch die Stellen, wo Luftschächte gegraben worden sind. Gerade an dem Punkte, wo die Strasse im Jungholz nach S fällt, läuft die Kohle spitz aus und endet da. Bei „holz" der Karte wurde nur noch Kohlenmergel angetroffen. Südöstlich Breite lag noch 4—2′ Kohle; mehr östlich fehlte jede Spur. Südöstlich Waldacker erreichen die Schieferkohlen den Eisenbahneinschnitt und nordöstlich von dem Hause sind sie ± 4′ mächtig. An der äussersten nördlichen Grenze treten wieder ausschliesslich „Silberkohlen" auf, um gegen den Tannenrain hin bald zu enden.

Diese Angaben verdanke ich Herrn Bergbauaufseher Jucker.

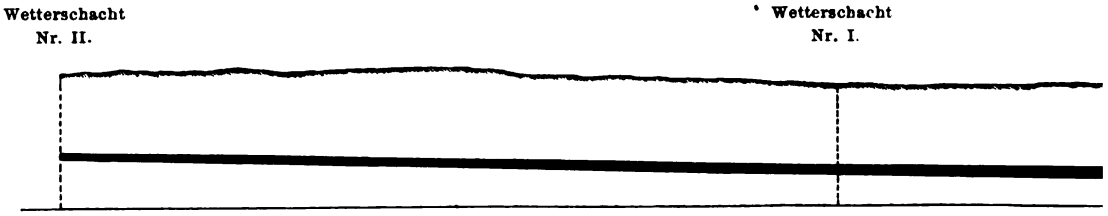
Herr Dr. Messikommer machte mich noch aufmerksam auf eine Stelle im N von Jungholz (auf der Karte mit × angegeben), wo in dem kleinen Hügel ein Alemannisches Grab (in ± 4 Tiefe) mit Schwertern und Rüstung entdeckt worden ist.

Dem schon genannten Tagebuch von Herrn Dr. Messikommer entlehne ich folgende Profile der Versuchsschächte in Schöneich.

Aus dem Tagebuch von Herrn Dr. J. Messikommer in Wetzikon (die Schächte sind nivelliert von Herrn A. Frey, Ingenieur, 1858 und in dem Plane, Kartenecke rechts oben, mit den entsprechenden Nummern bezeichnet).

Schacht Nr. 1. Schöneich (siehe Abbildung S. 40 und 41). Nördlich von Waldacker, gegen den Tannenrain, 20′ westlich der Eisenbahn. Rueggsches Land. Bodenoberfläche = 1807,7′ ü. M.

1′ Dammerde,
1′—4′: 3′ rote Erde,
4′—4½′: ½′ Lehm und Erde,
4½′—6′: 1½′ Lehm,
6′—18′: 12½′ Sand und Grien, hierin bei 12′ Spuren von Kohlen, nur an der östlichen Seite des Schachtes,
18′—19′: 1′ Kohle bei 1790,7′,
19′—19½′: ½′ Seesand mit Muscheln,
19½′—42′ (Schachttiefe) Sand und Grien.




**Längsprofil im Hauptstollen des Schiefer**

Schacht Nr. 2. Schöneich. Westlich von Schacht Nr. 1, mehr in der Nähe von der Wirtschaft (beim Rueggschen Haus). Oberfläche = 1811,2′.

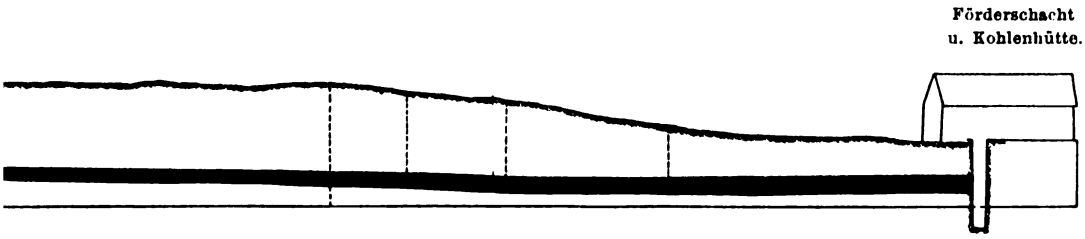
1′ Dammerde,
1′—3½′: 2½′ rote Erde,
3½′—4½′: 1′ rote Erde und Lehm,
4½′—9½′: 5′ Grien und Lehm,
9½′—17½′: 8′ Lehm,
17½′—22½′: 5′ Kohle von 1793,2′ an,
22½′—23′: ½′ Seesand,
23′ (Schachttiefe) Grien.

Schacht Nr. 3. Schöneich. Rueggsche Wiese. Dies ist ganz am nördlichen Ende des Gebietes. Oberfläche = 1821′. Nur Silberkohlen da gefunden.

1′ Dammerde,
1′—3′: 2′ rote Erde,
3′—13′: 10′ Grien,
13′—19′: 6′ Kohle und Lehm, von 1808′ an (nur Silberkohlen),
19′—19½′: ½′ Lehm,
19′—23′ (Schachttiefe) Grien.

Schacht Nr. 4. Schöneich. Bot. Hombergers Land. Oberfläche 1823,7′ (auch im N des Gebietes).

1′ Dammerde,
1′—4′: 3′ rote Erde,
4′—11′: 7′ Grien,
11′—19′: 8′ Grien und Lehm,
19′—22′: 3′ gröberes Grien,
22′—26′: 4′ reineres Grien,
26′—27′: 1′ Triebsand,
27′—30′ (Schachttiefe) 3′ Grien.




**gwerkes Schöneich (Wetzikon). 1:1000.**

Schacht Nr. 5. Schöneich. Wolfensbergers Land, bei der Eisenbahn. Oberfläche = 1791,5′. Nichts gefunden.
Grien bis auf 9′.

Schacht Nr. 6. Schöneich. Oswald Webers Land. Oberfläche 1811,9′.
1′ Dammerde,
1′—3′: 2′ rote Erde,
3′—18′: 15′ Grien,
18′—25½′ (Schachttiefe) Triebsand.

Schacht Nr. 7. Schöneich. Hartmanns Land, gegenüber Breite. Oberfläche 1823,4′. Nur bis 30′ Tiefe noch Wasserabfluss. Bis 30′ gegraben und nichts gefunden. Später wurden Kohlen 2′ tiefer entdeckt.
1′ Dammerde,
1′—2½′: 1½′ rote Erde,
2½′—12½′: 10′ reineres Grien mit vielem Sand,
12½′—26½′: 14′ grobes Grien mit Sand,
26½′—30′ (Schachttiefe) Bachsand.

Schacht Nr. 8. Schöneich. Hirzels Land. Oberfläche 1832,2′.
1′ Dammerde.
1′—2½′: 1½′ rote Erde,
2½′—6½′: 4′ Sand und Grien,
6½—30½′: 24′ Grien und Lehm,
30½′—42½′: 12′ roter und gelber Lehm,
42½′—44½′ (Schachttiefe) Triebsand.

Schacht Nr. 9. Schöneich. Knechts Land. An der östlichen Seite von der Eisenbahn, beim Haus „Schöneich“.
1′ Dammerde,
1′—2′: 1′ rote Erde,
2′—8′: 6′ Grien mit Spuren von Kohlen,
8′—23′ (Schachttiefe) sehr fester Grien (Estrich).

Schacht Nr. 10. Schöneich. Wirz's Land.

1′ Dammerde,
1′—2½′: 1½′ Erde und Lehm,
2½′—11′ (Schachttiefe) Grien und Lehm. In der Tiefe von 11′ eine mächtige Quelle.

Schacht Nr. 16. Rueggsches Land, bei Waldacker. Oberfläche = 1819,4′.

1′ Dammerde,
1′—3′: 2′ rote Erde,
3′—11′: 8′ Grien,
11′—15′ resp. 17′: 4′—6′ Grien und Lehm,
15′ resp. 17′—22′: 5′—7′ Kohle,
22′—23′: 1′ Lehm,
23′ (Schachttiefe) Grien.

Die Mächtigkeit der Kohle schwankte im Bergwerk Schöneich zwischen 2,4 m und 0,3 m (Mitteilung Herrn Juckers), der verkäuflichen Kohle zwischen 1,5 m und 0,6 m und weniger (Heer 143). Als mittlere Mächtigkeit der verkäuflichen Kohle gibt Heer 0,825 m an.

Die feuchten Kohlen, wie sie direkt aus dem Schacht kamen, wurden verkauft zu 65 bis 95 Rappen pro Zentner, die an der Luft getrocknete Kohle gegen Fr. 1.45 pro Zentner. Im Kriegsjahre 1870/71, als die Kohlenpreise sehr hoch wurden, erhielt man für einen Zentner feuchte Kohle sogar 2 Fr.

Von 1862 bis 1878 waren täglich 73 Arbeiter im Dienst. Es wurden im Durchschnitt 600—800 Zentner Kohle pro Tag ausgebeutet.

Das Haus Breite steht jetzt noch auf ± 8′ Schieferkohlen. Dem Kontrakt nach musste man 25′ im Viereck um Breite stehen lassen; man hat aber überall bis auf 15′ Entfernung ausgegraben.

Weidli ist ganz untergraben; der Boden ist hier jedoch direkt wieder ausgefüllt worden.

Unter Waldacker befinden sich auch noch ± 4′—5′ Schieferkohlen (Mitteilungen von Herrn Jucker).

Das Kohlenlager von Wetzikon wurde bedeckt von geschichteten Geröllen, in Sand eingebettet. Diese Kiese waren an der Oberfläche bedeckt mit einer äusserst leichten Moränendecke, die der Drumlinvergletscherung angehört. In den geschichteten Kiesen müssen wir wahrscheinlich die präglazialen Kiese der Würmeiszeit sehen. Sie erreichten im westlichen Teil des Bergwerkes bis 9 m Mächtigkeit, im östlichen bis 3,9 m.

Unter den Kohlen lag ein hellfarbiger kalkiger Letten, welcher kleine Süsswasserschnecken enthielt. Bis 3′ Tiefe reichte diese un-

reine Seekreide. Dann folgte wieder ein Geröllager, in welchem Prof. Escher von der Linth gekritzte Kalksteine, einen Block Puntaiglasgranit und einen andern etwa 6′ im Durchmesser haltenden erratischen Block fand. Bei einer späteren Grabung unter die Schieferkohlen hinab konnte auch Prof. Heim das Vorkommen von einer typischen Grundmoräne konstatieren. Diese Grundmoräne wird hier abgelagert worden sein in der Riss-Eiszeit, gleichzeitig mit der Moräne im unteren Aatal, die wir nachher eingehender besprechen werden. Mit dieser Entdeckung von Prof. Escher von der Linth ist also das interglaziale Alter dieser Schieferkohlen sicher nachgewiesen.

Man hat vergebens gehofft, dass das Schieferkohlenlager sich von Dürnten nach Wetzikon fortsetze. Zwar wurden in Versuchsschächten Spuren von Kohle gefunden bei Bezholz und bei Bossikon, doch ein zusammenhängendes Lager fehlt.

Im Tagebuch von Herrn Dr. Messikommer fand ich folgende Profile (nivelliert von A. Frey, Ingenieur, im August 1858):

Schacht Nr. 11. Bezholz. Leutholds Land.

½′ Dammerde,
½′—4½′: 4′ Grien,
4½′—5½′: 1′ Lehm und Kohle,
5½′—18′ Lehm, auf 12′ Spuren von Kohlen,
18′—20′: 2′ Lehm mit drei dünnen Bändern Kohle,
20′—21′: 1′ Sand mit Holzsplittern,
21′—27′: 6′ Lehm,
27′ Spuren von Kohlen,
27′—50′: 23′ Lehm, von 30′ Tiefe an Spuren von Kohlen,
50′—55′ (Schachttiefe): 5′ Lehm mit Glimmerteilen.

Schacht Nr. 12. Bossikon. Bossiker Zelg. Pfisters Land (unterer Schacht).

5″ Dammerde,
5″—5′ 5″: 5′ Estrich,
5′ 5″—6′ 5″: 1′ Lehm,
6′ 5″—7′ 5″: 1′ Estrich,
7′ 5″—7′ 8″: 3″ Lehm,
7′ 8″—15′ 8″: 8′ Grien (Estrich),
15′ 8″—17′ 8″: 2′ Lehm mit Muscheln,
17′ 8″—19′ 8″: 2′ rote Erde,
19′ 8″—26′ (Schachttiefe) Grien.

Schacht Nr. 13. Bossikon. Bossiker Zelg. Pfisters Land (oberer Schacht).

1′ Dammerde,
1′—4′: 3′ rote Erde,

4′—12′: 8′ weisser Estrich,
12′—18′: 6′ blauer Estrich,
18′—18′ 2″: 2″ gelber Lehm,
18′ 2″—18′ 4″: 2″ Grien,
18′ 4″—18, 7″: 3″ gelber Lehm,
18′ 7″—21′ 7″: 3′ Grien,
21′ 7″—22′: 3″ gelber Lehm,
22′—23½′: 1½′ Grien,
23½′—26′: 2½′ Lehm mit Muscheln,
26′—26′ 2″: 2″ Grien,
26′ 2″—27′ 7″: 1½′ gelber und blauer Lehm,
27′ 7″—28′: 3″ Grien,
28′—28½′: ½′ Lehm mit Muscheln,
28½′—29½′: 1′ Grien,
29½′—35½′: 6′ Lehm mit Muscheln,
35½′—37½′: 2′ Grien,
37½′—40½′: 3′ Lehm mit Muscheln,
40½′—41½′: 1′ Grien,
41½′—44½′: 3′ rote Erde,
44½′—47½′: 3′ Grien und Triebsand,
47½′—50½′: 3′ Lehm mit Muscheln,
Auf 50½′ Tiefe Spuren von Kohlen,
50½′—52½′: 2′ reineres Grien,
52½—53½′: 1′ Lehm mit Muscheln,
53½″—56′: 2½′ Grien und Triebsand,
56′—58′: 2′ Lehm mit Muscheln,
58′—64′: 6′ Grien,
64′—65′: 1′ Lehm mit Muscheln,
65′—67′ (Schachttiefe) reineres Grien und Sand.

Schacht Nr. 14. Bossiker Zelg.

2′ Dammerde,
4′—8′: 6′ rote Erde,
8′—39′ (Schachttiefe) Estrich.

Schacht Nr. 15. Bossiker Zelg in der Tiefe. Hoffmanns Schnürli.

6′ Grien (Estrich),
3′ Triebsand, auf 9′ Tiefe verlassen wegen Überfluss von Triebsand.

Die Sumpfvegetation, welche die Schieferkohle geliefert hat, entwickelte sich in den tieferen Teilen der Moränelandschaft, die nach der Riss-Eiszeit geblieben war. So wie sich jetzt in den Moränelandschaften oft viele kleine Moore bilden, die keinen Zusammenhang

zeigen, so wird es vielleicht auch damals gewesen sein. Die Schieferkohlen von Dürnten und Wetzikon liegen ungefähr im selben Niveau (± 540 m). Man wird aber nicht die geringste Mühe haben, auf der Karte des jetzigen südlichen Glattales verschiedene Moore zu finden, die alle auf ± 450 m Höhe liegen, und doch nicht zusammenhängen. Ebenso gibt es hier jetzt in geringer Entfernung Torfbildung auf ± 550 m, also ± 100 m höher. Diese Torfe gehören doch ohne Zweifel alle dem Alluvium (vielleicht einer Interglazialzeit?) an. Man darf also auf das Niveau der verschiedenen Moore nicht zu viel Wert legen für die Bestimmung des Alters ihrer Entstehung.

## 9. Die Schieferkohlen nördlich Gossau.

Im Jahre 1891 wurden am Krährüti, nördlich Gossau, Schieferkohlen entdeckt. Sie befinden sich auf ± 510 oder ± 500 m Höhe und sind bedeckt von der Grundmoräne der Drumlinvergletscherung. In ihrem Liegenden befindet sich das prachtvolle Delta der Aatalkiese, das noch eingehender besprochen wird und das wir zu den fluvioglazialen Ablagerungen der Riss-Eiszeit rechnen. Die Kohle ist hier also in derselben Interglazialzeit abgelagert wie die Schieferkohlen bei Dürnten und Wetzikon.

Prof. Heim zeigte mir die Stellen, wo die Kohlen angebohrt worden sind. Sie ergaben sich aber als zu wenig mächtig zur Exploitation. Nach Dr. Messikommer (149) soll ihre Ausdehnung hier ± 2 Hektaren betragen.

Die Flora und Fauna der Schieferkohlen sind von anderen Autoren (siehe Literaturliste Nr. 137—149), vor allem von Prof. Oswald Heer in seiner „Urwelt der Schweiz", so eingehend behandelt worden, dass ich hier nichts Neues hinzufügen kann.

Aus den Untersuchungen von Prof. Heer geht hervor, dass die Schieferkohlen bei Dürnten und Wetzikon zweifellos autochthon sind; sie sind entstanden aus der Sumpfvegetation, die da an Ort und Stelle gewachsen ist.

Die altertümlichen Formen der Fauna, u. a. Elephas antiquus Falc., Rhinoceros Merkii Jaeg. und Cratopleura helvetica Web. (Heer gibt: Holopleura Victoria Casp.) geben den sicheren Beweis, dass die Schieferkohlen im Glattale interglazial und nicht interstadial sind.

## 10. Der Aatalkies.

Mit dem Namen „Aatalkies" bezeichnen wir die fluvioglazialen Schotter, die in unserem Gebiete ihre Hauptverbreitung im Aatal haben. Der Aabach hat sich hier ein 40—50 m tiefes Tal eingegraben. Der Kies bildet oft steile, nackte Wände, so dass uns

hier die schönste Gelegenheit geboten ist, ihn näher zu studieren. Sofort muss es auffallen, dass die Schichtung nicht überall horizontal ist, sondern in einer kleinen Strecke oft alle verschiedenen Richtungen zeigt, wie das charakteristisch ist für eine Ablagerung von Gletscherbächen (z. B. sehr deutlich zu sehen oberhalb der Fabrik von Herrn Trümpler in Ober-Uster). Die einzelnen Steine zeigen einen Transport durch fliessendes Wasser. Sie sind gerundet oder kantenbestossen; viele zeigen Schlagfiguren. Lokal kommen Partien vor, wo abgeplattete Geschiebe vorherrschen. Sie liegen da dachziegelartig übereinander in der Stromrichtung, also von SE nach NW. Dies ist besonders der Fall in den tiefsten Partien, unterhalb der Station Aatal. Die Verkittung ist meist eine kalkig-sandige, und dann oft sehr fest. An anderen Stellen dagegen treffen wir nur eine ganz lockere Sandverkittung. Einlagerungen von Sandschichten trifft man hier und da, doch nur selten und ganz untergeordnet.

Die Gerölle sind im Durchschnitt nuss- bis über faustgross. Grosse Blöcke sind selten, ganz grosse fehlen.

Prüfen wir jetzt die petrographische Zusammensetzung. Die grosse Mehrzahl sind Kalke, deren genaue Herkunft nicht bestimmt werden kann. Ohne Zweifel sind viele von diesen, wie auch viele Sandsteine, rote Hornfelse und mürbe Granite aus der Molasse aufgenommen worden. Charakteristisch ist das Auftreten von einer Menge Bündner- und Glarnergesteine.

Als vielfach vorkommende Bündnergesteine, die ohne Zweifel vom Rheingletscher hierher transportiert worden sind, wurden gefunden:

Rofnaporphyroid, Tavetschgneiss, Tavetschgranit (weiss), Puntaiglasgranit, Grün und weiss gebänderter Diorit (anstehend an Fuorcla Stavelatsch im Somvixertal), Juliergranit (grüne Feldspäte), Oberhalbsteiner Diorite (grün und weiss gefleckt), Heller Zuckerquarzit, stark gestreckt (aus dem Bündnerschiefer bei Vals), Biotitgneiss (Vals), Cipolin (Vals), Sericitschiefer, Kalkphyllite, Schiefriger Verrucano vom linken Rheinufer oberhalb Ilanz (rot und grün).

Als typisches Leitgestein aus dem Walensee und Linthtale kommt massenhaft der als „Sernifit" bekannte konglomeratische rote Verrucano vor.

Ferner wurden gefunden ausser einer grossen Anzahl Kalke und Sandsteine:

Nummulitenkalke mit schön erhaltenen Fossilien, Lias mit erhaltenen Belemniten (Südseite Walensee), Bunter Verrucano (Felsitporphyr), Taveyannaz-Sandstein (aus dem Linthgebiet), Variolit (wohl

aus dem Hinterrheintal, Schams), Roter Eisensandstein aus dem Dogger vom Glärnisch, Biotit-Quarz-Diorit, Amphibolit, Ölgrüne Quarzite, Weisse Quarzite, Gault-Grünsande, Ruinenmarmor, viele Gesteine aus dem Flysch und aus der miocänen Nagelfluh.

Prof. Escher von der Linth erwähnt in seinem Tagebuch noch das Vorkommen von Graniten mit roten Feldspäten, an Habkern-Granite erinnernd. Diese stammen aus der miocänen Nagelfluh, wo sie massenhaft vorkommen.

Die Anzahl der Rhein- und Linthgesteine und überhaupt der kristallinen Vorkommnisse tritt zurück gegenüber anderen Gesteinsarten. Unter den kristallinen herrschen die Bündnergesteine entschieden vor. Sernifite wird man in jedem Aufschluss finden, doch immer nur untergeordnet. Hierdurch schon bilden die Aatalkiese einen direkten Gegensatz zu den jüngeren fluvioglazialen Ablagerungen, wo, wie wir gesehen haben, die Sernifite stark in den Vordergrund treten gegenüber den Rheingesteinen.

Vorkommen der Aatalkiese auf den Blättern 212, 213, 227. Aatalkiese sind bis jetzt gefunden worden:

1. Im Aatal. Am rechten Ufer treten sie vielleicht schon auf nördlich Medikon, am Halden, bei 545 m. Prof. Julius Weber aus Winterthur, der Blatt 213 geologisch kartiert hat, glaubt am Halden Aatalkiese gefunden zu haben. Ein genauer Aufschluss war jedoch auch damals (1899—1901) nicht vorhanden, so dass das Vorkommen des Kieses nicht sicher festgestellt worden ist. Bei der Fabrik Floss zeigt sich an der Wegseite deutlich die jüngere Moräne; ob sich hinter der Fabrik Aatalkies zwischen der verschwemmten jüngeren Moräne befindet, ist zweifelhaft. Sicher treten die Aatalkiese am rechten Ufer des Aabaches auf, am Wege, der von der Station Aatal nach Aretshalden hinaufführt. Sie setzen sich von da an ununterbrochen fort bis Ober-Uster. Unter dem Hause Bachofen nördlich Ober-Uster sind sie noch deutlich entblösst. Sie reichen hier bis ± 515 m. Es ist sehr wahrscheinlich, dass die Terrasse, die an „Höhe" nordwestlich Bachofen mit steiler Wand zwischen 510 und 500 m abfällt, aus der Fortsetzung der Aatalkiese besteht und nur von einer dünnen Moränedecke verhüllt ist. Aufschlüsse fehlen leider. Jedenfalls muss hier der Aatalkies nach Osten fallen, denn während er bei Bachofen bis mindestens 515 m reicht, wurde er unter Frohnacker (auf ± 505 m), erst bei 9 m Tiefe gefunden. Am linken Talufer tritt der Kies erst weiter nördlich auf, als am rechten. Er erscheint nach Prof. Weber (155) zuerst nördlich vom Wege, zwischen Talrain (südlich Aatal) und Robank. Von da ist er zu verfolgen bis nach Ober-Uster. Im Wäldchen, östlich Punkt 521, bei Drumlin Hägetstall fand ich ihn

bei ± 515 m, also auf derselben Höhe wie am rechten Ufer. Die Terrasse nördlich Hägetstall besteht ganz aus Aatalkies. Weiter westlich wird dieser Kies bedeckt von der Grundmoräne der Drumlinvergletscherung. Die Verkittung ist im Aatal bald sehr fest, bald locker. In den festen Teilen befinden sich mehrere Höhlen; einige derselben werden als Keller benutzt.

Der Aatalkies erreicht im Aatal stellenweise eine Mächtigkeit bis 50 m. Bei Hockler (südlich Ottenhausen), Rüti und Elstel (beide südwestlich Seegräben) reicht er bis 550 m hinauf. Es ist sehr wahrscheinlich, dass eventuelle tiefe Aufschlüsse zwischen den Drumlins vielerorts auf Aatalkies stossen würden. In der Tat wurde von Prof. Weber in der Nähe des Aatales noch an zwei Stellen Aatalkies nachgewiesen und zwar bei

2. Boden (westlich Ottenhausen), bei 550 m, und bei

3. Homberg (westlich Ober-Giebel), ebenfalls bei 550 m.

4. Am südlichsten wurde bis jetzt Aatalkies im Glattal nachgewiesen an der Strasse zwischen Affeltrangen und Herrschmettlen. Südlich der Strasse gibt es eine kleine Kiesgrube, in welcher die Verkittung so fest ist, dass sich darin eine Höhle gebildet hat. Das Bindemittel ist hier tonig-sandig. Das Vorkommen von Sernifiten und das Fehlen von Eindrücken in den Geröllen lassen diese Nagelfluh direkt als eine diluviale Bildung erkennen. Auch der „Rocdrumlin" Fuchsbühl besteht aus Aatalkies. Die Grenze des Aatalkieses gegen die Molasse Nagelfluh konnte hier momentan unmöglich festgestellt werden. Im W und im S findet man in ganz geringer Entfernung Molasse, ohne dass der Übergang sichtbar ist. Im N der Strasse sehen wir, dass die Nagelfluh sich im Sennwald fortsetzt. Dies wird bestätigt durch folgende Aufschlüsse:

5. Südwestlich vom Sennwald, gegenüber dem Schulhaus von Herrschmettlen, befindet sich am Saum des Waldes bei 540 m eine kleine Kiesgrube in dieser diluvialen Nagelfluh. Die Verkittung ist hier die gleiche wie in 4.

6., 7., 8. An der Strasse zwischen Herrschmettlen und Herrliberg ist der Aatalkies in drei Aufschlüssen sichtbar. Beim Eingang in den Wald befindet sich eine verlassene Kiesgrube, in welcher der Kies entblösst ist zwischen 545 und 540 m. Die zwei anderen Gruben befinden sich an beiden Seiten des Weges beim Austritt aus dem Walde, im Niveau 540 m. Auffallend ist hier in der am meisten nordwestlichen Grube der grosse Reichtum an hohlen Geschieben.

Auch im Norden des Waldes wird der Kies sichtbar in dem kleinen Rundhöcker, nördlich Punkt 552.

9. Nach Prof. Früh besteht der Rundhöcker Punkt 548, östlich vom Huttenrain, aus Aatalkies. Leider fehlte hier momentan jeder Aufschluss.

10. Bei Felsen, östlich von Ober-Ottikon, ist hinter dem Hause der fest verkittete Kies ungefähr 10 m hoch entblösst (540—530 m). Die Schichtung ist hier sehr unregelmässig; im grossen ganzen fallen die Schichten aber unter 5°—10° nach N 10° E.

11. Eine direkte Fortsetzung von den Kiesen bei Felsen bilden die bei Gass (± 532 m). Auch hier ist die Schichtung wieder sehr unregelmässig und die Verkittung fest. Die ganze Terrasse südwestlich von Bielholz besteht also aus Aatalkies, und der Drumlin scheint auf diesem aufgesetzt zu sein.

12. Dass die Nagelfluh, die am Leimhalden so vielfach zu Tage tritt, zusammenhängt mit der bei Gass und Felsen, wurde bestätigt durch die Aussage von Bewohnern von Ober-Ottikon, die behaupten, dass ihre Häuser auf diesem Kiese gebaut sind. Auch die kleinen Erhebungen südlich der Strasse bei Ober-Ottikon sind Reste der einstmals grossen Decke.

Am Leimhalden sind die Aatalkiese entblösst:

a) gegenüber Strick in zwei Kiesgruben, bei ± 530 m,
b) in der steil abfallenden ± 8 m hohen E-Wand bei ± 536 m,
c) an beiden Seiten von der Strasse zwischen Unter-Ottikon und Strick, auf 520 m,
d) nördlich vom Fussweg, der vom Ottikerbühl zum Schulhaus bei Strick leitet,
e) östlich vom Wege, der über den Hügel führt, etwas bevor der eigentliche Drumlin anfängt.
f) Direkt nach der Heuernte wurde der Kies sichtbar in einigen Unebenheiten am südwestlichen Abhang des Hügels.

Wo die Aufschlüsse deutlich sind, zeigte sich immer wieder die unregelmässige Schichtung und die feste kalkig-sandige Verkittung.

13. Hinter dem Hause „Saum", östlich vom Wege zwischen Gossau und Bertschikon finden wir diese Nagelfluh bei ± 500 m. Sie ist auch sichtbar an der östlichen Seite von der Strasse zwischen Saum und Weid, und Weid steht nach Mitteilung des Bewohners auf diesem Kies. Der Aufschluss hinter Saum befindet sich an einem Abhang. Wahrscheinlich wäre hier die Schicht nach SE zu verfolgen, wenn der ganze Abhang nicht bewachsen wäre. Jetzt fand ich hinter dem direkt südlich von Saum gelegenen Hause im Niveau 480 m einen sehr unbedeutenden Aufschluss, wo Molasse Sandstein und Molasse Nagelfluh sich zeigten. Der Aatalkies reicht also an diesem Abhang nicht tiefer hinab als bis 480 m. Er ist bedeckt

von der Grundmoräne der Drumlinvergletscherung, die u. a. bei „Frohe Aussicht" nachgewiesen wurde. Die Grenze zwischen der Nagelfluh und der Moräne ist wiederum unsichtbar durch die Vegetation.

14. Vier prachtvolle ± 10 m hohe Kiesgruben am Krährüti zeigen ein wunderschönes altes Delta (500—490 m). Die Aatalkiese fallen hier unter 12°—20° nach NNW. Sie sind in Sand eingelagert, wodurch die Verkittung lange nicht so fest ist als bei Strick, Felsen etc. Im Aatale selbst findet man aber in den direkt zusammenhängenden Kiesen alle möglichen Übergänge zwischen einer ganz festen bis sehr losen Verkittung, so dass die lockere Verkittung hier uns nicht verwundern kann. Wahrscheinlich hat die grosse Quantität Sand, die im Delta zwischen den Kiesen abgelagert wurde, die starke Verkittung verhindert. Dass es wirklich Aatalkiese sind, scheint mir sicher: 1. ist die Anzahl der Sernifite hier geringer als in den Kiesen der Drumlinvergletscherung, 2. fehlen hier sehr grosse festsitzende Blöcke, wie sie z. B. in der Grube zwischen Bezholz und Affeltrangen gefunden wurden, 3. gibt es Schieferkohlen zwischen diesem Delta und der überliegenden Grundmoräne.

In den vier grossen Kiesgruben im S und SW von Krährüti findet man überall Kies im Sand. Reine Sandschichten treten nur ganz untergeordnet auf. Beim „K." von Krährüti der Karte dagegen treffen wir in einem Aufschluss nur geschichteten Sand, der wohl die Deltastruktur zeigt, doch unter geringerer Böschung abgesetzt ist. Dieser Sand überlagert offenbar im Delta den Kies (siehe nebenstehendes Profil). Noch weiter nördlich, gegen Langfurr, findet man im selben Niveau nur Grundmoräne. Das Delta, das ohne Zweifel in einem See abgesetzt worden ist, verschwindet nicht nur im N unter der jüngeren Moräne, sondern auch im W. Westlich der Strasse zwischen Gossau und Langfurr sieht man in einem Aufschluss, wie das Delta am Wege noch bis an die Oberfläche reicht. Wenige m westlich aber wird es schon überlagert von der jüngeren Grundmoräne, die nach W in stets tieferem Niveau auftritt.

Das südliche Ufer des Sees, in welchem das Delta sich bildete, ist verschwunden. Das Delta liegt jetzt höher als seine südliche Umgebung. Seine Oberfläche fällt scharf abgeschnitten nach S.

15. Bei Breite, südlich Bertschikon, tritt der festverkittete Aatalkies in ± horizontalen Schichten auf im Niveau 500 m, also auf derselben Höhe wie 0,7 km mehr südlich bei Saum. Der einstige Zusammenhang zwischen beiden Orten ist schon frühzeitig unterbrochen worden; jedenfalls bestand er schon nicht mehr während der Würmvergletscherung. Damals doch wurde im gleichen Niveau 500—495 m, gegenüber der Abzweigung der Strasse nach Langfurr, eine

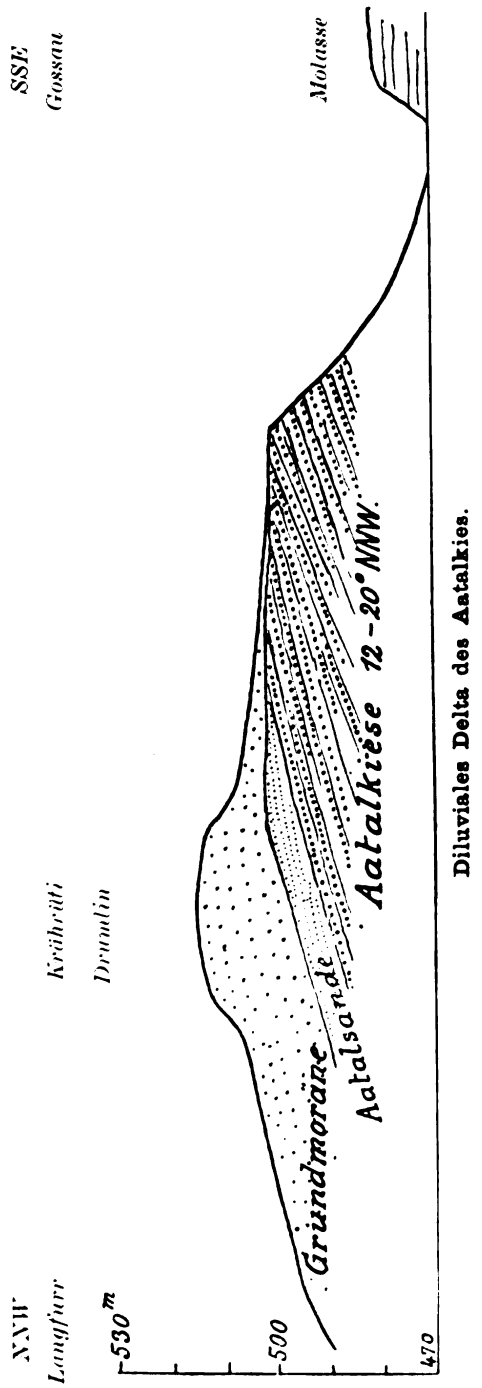
äusserst wenig verschwemmte, neue Grundmoräne abgesetzt, die jetzt in einer grossen Materialgrube abgegraben wird.

Der Aatalkies bei Breite, der also im S durch Erosion lokal verschwunden ist, taucht im N unter die jüngeren Moränedecken.

**Lagerung des Aatalkieses.** Dieser fluvioglaziale Schotter ruht entweder direkt auf der Molasse oder ist davon getrennt durch eine Grundmoräne. Im Hangenden wurden bei Gossau am „Krährüti" Schieferkohlen nachgewiesen. An den meisten anderen Stellen ist er direkt bedeckt von den fluvioglazialen Kiesen und der Grundmoräne der Drumlinvergletscherung.

**Entstehung.** Die Aatalkiese sind fluvioglaziale Schotter. Dies geht hervor aus der fortwährenden Änderung der Schichtung, obwohl die Kiese im grossen ganzen horizontal abgelagert sind. Massgeblich ist aber das lokale Übergehen von den Schottern in Grundmoräne, was in dem tieferen Teile im Aatale beobachtet werden konnte am linken Ufer des Aabaches, ungefähr unter dem Purpelholz, oberhalb Ober-Uster.

Seitdem man in den achtziger Jahren den Aabach kanalisiert hat, ist sein Weg stark verkürzt und demzufolge ist sein Gefälle sehr beträchtlich



geworden. Um bei hohem Wasserstande das überflüssige Wasser ableiten zu können, hat Herr Fabrikbesitzer Trümpler von Ober-Uster in dem linksufrigen Aatalkies einen Stollen graben lassen, durch welchen ein Teil des Wassers abfliesst. Drei Seitenstollen führen zu diesem Hauptstollen. Herr Trümpler hatte die Güte, mir die ausgegrabenen Partien zu zeigen. Von der Fabrik an talaufwärts gehend, fällt es sofort auf, dass in der Nähe der ersten Brücke hie und da grössere Gerölle vorkommen als mehr nördlich und dass die Schichtung hier sehr unregelmässig ist. Etwa 110 m oberhalb der Brücke befindet sich der erste Stollen. Das Bindemittel ist lehmig-sandig, und es befinden sich hierin einige gekritzte Geschiebe, die in den oberen Partien des Aatalkieses selten sind. Weitere 100 m aufwärts, in dem zweiten Verbindungsrohr, ist viel Lehm vorhanden, von oben bis unten. Noch weitere 170 m mehr südlich, in dem dritten Stollen findet man nur Lehm mit vielen geschrammten Geschieben.

Alle drei Stollen befinden sich an der Talsohle und sind etwas mehr als 2 m hoch. Sie reichen von ± 500 m bis ± 502 m. Es bleibt kein Zweifel: der Aatalkies geht hier hervor aus Grundmoräne. Er ist also ein fluvioglazialer Schotter, der einer alten Gletscherbedeckung des Glattales entspricht. Dass diese Gletscherbedeckung die gleiche war, welche die Grundmoräne unter den Schieferkohlen bei Schöneich und bei Dürnten geliefert hat, wird höchst wahrscheinlich durch das Vorkommen von Schieferkohlen über dem Aatalkiese, wie sie im Jahre 1891 gefunden worden sind am „Krährüti", nördlich Gossau.

Der Aatalkies gehört also zur Riss-Eiszeit, es ist Hochterrassenschotter.

## II. Die Molasse.

Die beiden Höhenzüge Pfannenstiel-Zürichberg und Bachtel-Stoffel, die das südliche Glattal im W und E begrenzen, sind ganz aus Molasse aufgebaut. Diese miocäne Molasse reicht an den Abhängen bis an die Talsohle hinab und ist im W und E des Tales nur von einer dünnen Schicht Ackererde bedeckt. In der Mitte wird sie verhüllt durch jüngere glaziale und fluvioglaziale Ablagerungen. Dass diese Decke jedoch nur gering ist, zeigt das wiederholte Auftreten der Molasse inmitten dieser jüngeren Schichten.

Molasse wurde gefunden: in der ganzen Strecke zwischen Bubikon, Grüningen, Berg und Mönchaltorf (hauptsächlich Molasse-Nagelfluh); am Riedikerberg, südlich Riedikon, bei Steinbruch, zwischen Riedikon und Nossikon, in der Zelg, südwestlich Uster, bei Unterbühlen und in Wil, zwischen Uster und Nieder-Uster, im Aabach, nördlich Wil, in der

ganzen Strecke zwischen Niederuster, Greifensee und westlich Werikon (Molasse Sandstein); im Aabach, zwischen der Station Aathal und der Fabrik Floss, in der westlichen Ecke unter dem Moränenaufschluss bei Floss (Molasse Mergel); westlich Medikon bei Punkt 528, im Aabach bei Stägen, an mehreren Stellen in Ober-Wetzikon, im Moos (Punkt 558) zwischen Wetzikon und Ettenhausen, bei Henne und Greble südöstlich Wetzikon, zwischen Ettenhausen, Hinwil und Dürnten (hauptsächlich Molasse-Nagelfluh). Auch zwischen Hinwil und Dürnten reicht diese Nagelfluh bis an die Oberfläche. Ebenso besteht der kleine Rundhöcker gegenüber Talgütli, nördlich Herrliberg, aus Molasse-Nagelfluh.

Unter den Gesteinsarten tritt die Nagelfluh stark in den Vordergrund. Der ganze Komplex gehört der oberen Süsswassermolasse oder dem Messinien an. Sie ist überall leicht erkenntlich an der regelmässigen Grösse ihrer Gerölle, ihrer Verkittungsart, an den nie fehlenden massenhaften Eindrücken, in welchen sich oft noch das dazu gehörende Geröll befindet und an der typischen feinen Rutschstreifung. Sernifit wurde in der miocänen Nagelfluh nie angetroffen, obwohl öfters ein grobkörniger roter Sandstein vorkommt, der beim ersten Anblick an Sernifit erinnert. Diese Molasse Nagelfluh wurde im südöstlichen, südlichen und südwestlichen Gebiet der Karte überall angetroffen. Viele Kiesgruben gaben schöne Aufschlüsse, in welchen sich zwischen der Nagelfluh Kalk und Sandlinsen zeigen. In der Umgebung von Hinwil und Dürnten spielen diese Kalke und Sande nur eine untergeordnete Rolle. Die oft sehr dünnen Kalklinsen nennt man „Wetterkalk", weil sie gebrannt, ohne weitere Bearbeitung als Mörtel an der Luft verwendet und exponiert werden können.

In dem Gebiet unserer Karte erreichen die Kalkbänke eine grössere Mächtigkeit bei Grüningen und westlich Unter-Ottikon. Der schöne, ± 6½ m hohe Aufschluss bei Gerbe, südlich Grüningen, zeigte folgendes Profil von oben nach unten:

1. Horizontal geschichteter, dünnplattiger Kalk, in den unteren Teilen bisweilen rötlich gefärbt, mit Mergelgehalt (mergeliger Kalk).
2. ± 4 m horizontal geschichtete Molasse-Nagelfluh; selten mit dünnen Kalk- und Sandlinsen.
3. ± 60 cm Mergel, rötlich gelb, in dünnen Schichten.
4. ± 1,7 m horizontal geschichteter, dickbänkiger, feiner, homogener Kalk, graublau gefärbt.

Der ± horizontal abgelagerte Kalk reicht zwischen Gerbe, Binzikon und südlich Ziegelhütte überall an die Oberfläche. Dass mächtige Kalk- und Nagelfluhbänke hier abwechseln, zeigte sich,

ausser in der Grube bei Gerbe, bei der Mühle, südlich Grüningen, wo in tieferem Niveau unter der Nagelfluh wieder eine tiefere Kalkschicht auftritt.

Westlich und südwestlich Unter-Ottikon wird der Kalk als Kalkstein gebrochen.

Einen sehr geringen Anteil nimmt, soweit sichtbar, der Molasse-Mergel. Am schönsten war er entblösst nördlich des Wasserfalles bei Tannenberg, östlich Gossau. Beim Herunterstürzen über eine Nagelfluhbank hat der Bach sich in dem weichen unterliegenden Molasse-Mergel einen schönen Erosionskessel ausgegraben. Weiter unten tritt dieser Mergel in stets höherem Niveau auf und erreicht dann eine sichtbare Mächtigkeit von ± 6 m. Es ist der typische graue Molasse-Mergel, der stellenweise runde Knollen zeigt. Der Molasse-Mergel im Aabach, zwischen der Station Aathal und der Fabrik Floss, scheint wie der vorhergenannte horizontal gelagert zu sein. Die Wasserbedeckung verhinderte eine genauere Untersuchung. Übrigens habe ich bei meinen Drumlinstudien die verschiedenen Molasse-Abteilungen nicht eingehend studiert.

Am Riedikerberg, bei Riedikon, bei Steinbruch, zwischen Riedikon und Nossikon, in der Zelg, südwestlich Uster und von Nieder-Uster bis Greifensee steht überall Molasse-Sandstein an. Es ist ein wenig fester Sandstein, von schlechter Qualität, der bisweilen eine geringe Böschung seiner Schichten zeigt, doch im grossen ganzen horizontal gelagert ist. Zwischen Nieder-Uster, Wildsberg und westlich Werikon ist er in vielen Aufschlüssen entblösst. Südöstlich Greifensee erreicht man ihn wiederholt beim Pflügen, wie man mir mitteilte. In der Gemeinde Greifensee selbst ist er sichtbar bei einem der südlichsten Häuser des Dorfes. Mehrere Häuser, wie auch das Schloss, sollen auf Molasse-Sandstein gebaut sein.

In dem flachen Lande zwischen dem Jungholz und Uster gibt es wenig Aufschlüsse. Dass die Molasse hier schon in sehr geringer Tiefe vorkommt und nur von einer dünnen Schicht Alluvium bedeckt ist, geht hervor aus dem Auftreten von Molasse-Sandstein beim Anfang des Schlossweges in Uster, in der Gemeinde Wil, im Bett des Aabaches, unterhalb der Fabrik des Herrn Knecht und beim Haus an der Abzweigung der Winterthurer Strasse von der Zürcher Strasse.

Von Wetzikon über Ehrlosen, Hinwil und Edikon setzt sich die Molasse-Nagelfluh fort nach Dürnten, meistens nur bedeckt von einer dünnen Schicht Ackererde. Westlich von Unter-Ehrlosen (südöstlich Wetzikon) wird in einer ± 8 m hohen Grube Kalkstein gebrochen. In etwas höherem Niveau tritt in der Umgebung überall Nagelfluh auf.

Das Glattal ist in die Molasse eingegraben worden, die im E ein höheres Niveau einnimmt als im W. Vom Bachtel fällt sie ziemlich steil ab bis ± 580 m. Dann senkt sie sich langsam bis ungefähr zum Niveau 500. Hier ist die Molasse meistens bedeckt mit diluvialen Ablagerungen, welche die grösste Mächtigkeit erreichen in den Drumlins. Die genannte breite Terrasse, auf welcher die meisten Drumlins abgesetzt sind, wird im W abgebrochen durch eine steile Wand von stellenweise 20 m Höhe. Sehr deutlich ist diese hohe Wand ausgebildet zwischen Gossau und Unter-Ottikon. Zwischen Berg und Unter-Ottikon löst sie sich in zwei Teile mit zwischengelegener Terrasse auf ± 480 m. Dass diese ganze Wand hier aus Molasse besteht, zeigen eine Menge Aufschlüsse (Kiesgruben in den oberen Partien, Kalksteinbrüche in dem tiefergelegenen Teil).

Diese Wand lässt sich nach SE verfolgen. Sie ist deutlich ausgeprägt nordwestlich und südöstlich Fuchsrüti, wo die Molasse-Nagelfluh steile Wände von ± 10 m und mehr Mächtigkeit bildet. Östlich von Mönchaltorf zeigt sich bei „Hinter-Rüti" eine Terrasse aus miocäner Nagelfluh mit steiler Westwand. Nach SE wird diese Wand jedoch verhüllt durch die mit sanfter Böschung abfallende Moräne der Drumlinvergletscherung, so dass der Zusammenhang mit der Molassewand bei Gossau nicht mehr sichtbar ist.

Die Drumlins auf dem Bergholz und dem Esel sind auf einer hohen Terrasse abgesetzt worden. Auch hier liegt das Tal von Mönchaltorf und vom Greifensee wieder beträchtlich tiefer als die Hochfläche. Wie hoch die Molasse unter das Bergholz und den Esel hinaufreicht, war momentan nicht zu entscheiden, da kein einziger tiefer Aufschluss vorhanden ist und niemand mir genügend Auskunft geben konnte. Möglich ist es, dass die Molasse auch hier eine hohe Wand bildet, die durch die überlagernden glazialen Produkte verhüllt ist.

Westlich von der hohen Molasse-Wand befindet sich ein ziemlich breites, tiefes Tal, ungefähr im Niveau 450 oder 440 m. Auch hier wird die Molasse wiederholt sichtbar (z. B. bei Tegernau und in der Umgebung von Mönchaltorf). Nach W steigt der Boden erst langsam, dann immer steiler, bis zu der Höhe des Pfannenstiels.

Die Molasse ist in dem mittleren Teil des südlichen Glattales bedeckt von diluvialen und alluvialen Ablagerungen. Diese Bedeckung ist jedoch meistens nur eine sehr dünne. In vielen Fällen beträgt sie nur einige dm und weniger. Schon die Aufschlüsse für die Gasversorgung von Uster, Nieder-Uster und Ober-Uster, die nicht tiefer als 1,8 m gemacht wurden, zeigten die Molasse an verschiedenen Stellen. Sehr wahrscheinlich werden spätere Bohrungen und Aufschlüsse die Molasse noch wiederholt in geringer Tiefe kennen lehren.

Zwischen Greifensee und Nieder-Uster und bei Izikon (bei Grüningen) sollen Braunkohlen in der Molasse gefunden worden sein. Die Quantität und Qualität waren jedoch zu gering für eine Exploitation. Die genauen Fundstellen sind mir nicht bekannt geworden.

## 12. Überblick über die Entstehungsgeschichte des südlichen Glattales.

Das Glattal ist eingegraben in die miocäne Molasse, in die obere Süsswasser-Molasse oder das Messinien.

Die Entstehung des Tales kann also erst nach dem Miocän vor sich gegangen sein.

Das Tal, das ganz den Habitus hat von dem Mittellauf eines grossen Flusses, soll nach Prof. Heim, Wettstein (151) und Aeppli (154) den Weg zeigen, den früher die Linth verfolgt hat, in der Zeit, als das Zürichseetal noch der Sihl angehörte. Die breite Fläche, die sanften Böschungen an beiden Seiten, die Lage und Richtung des Tales in Verbindung mit dem oberen Linthtal, die nur 110 m hohe Bodenschwelle bei Rüti, die das Glattal vom oberen Zürichsee trennt, geben dieser Meinung eine grosse Wahrscheinlichkeit. Wir sehen hier dann also ein altes Tal vor uns, das gebildet wurde, bevor die tiefere Rinne des oberen Zürichsees da war, so dass die jetzige Bodenschwelle bei Rüti damals noch den tiefsten Ausströmungspunkt bildete für die aus dem S kommende Linth.

Diese Auffassung wird von Prof. Brückner in „Die Alpen im Eiszeitalter", Lieferung V, pag. 528, bestritten. Prof. Brückner betrachtet das Glattal als das Produkt glazialer Erosion und hält es für sehr unwahrscheinlich, dass die Linth jemals durch das Glattal geflossen sei.

Meine Zeit reichte nicht aus, das ganze Glattal zu studieren, nur möchte ich auf eine Tatsache hinweisen, die meines Erachtens zu gunsten der Wassererosion spricht. Es ist schon wiederholt die hohe Wand genannt worden, die den tieferen westlichen Teil gegen das übrige Tal abgrenzt. Eine solche Wand lässt sich in einem Tale, das ganz durch den Gletscher gebildet wurde, nicht gut erklären. Sehen wir dagegen hier ein altes Linthtal vor uns, so erscheint uns die höhere Terrasse, auf welcher die meisten Drumlins aufgesetzt sind, als der alte Talboden. Die Linth schwankte hier hin und her und erweiterte so das Tal bis auf die heutige Breite. In einer späteren Periode der Erosion wurde die tiefere Rinne eingegraben, die wir jetzt kennen als das Tal von Grüningen und Mönchaltorf, und deren Fortsetzung der Greifensee ist. Auch das Vorkommen von Aatalschottern, von Schieferkohlen und von praeglazialen Würmschottern unter den Drumlins mitten im Tale spricht

gegen eine kräftige erodierende Wirkung des Gletschers. Der Gletscher der Würm-Eiszeit hat jedenfalls das Glattal nicht beträchtlich übertieft.

Prof. Brückner (siehe oben) weist nach, dass jedenfalls schon in der Mindel-Riss-Interglazialzeit die Linth durch das Zürichseetal geflossen ist. In der Tat sehen wir im Glattal ein sehr altes Tal vor uns, das jedenfalls schon lange von der Linth verlassen sein muss, denn es ist stark in der Vertiefung zurückgeblieben. Währenddem das Niveau des oberen Zürichsees auf ± 409 m liegt, reicht die Oberfläche des Greifensees auf 439 m, des Pfäffikersees auf 541 m. Die Bodenschwelle bei Rüti, die den Zutritt zum Tale gegeben hat, reicht bis ± 510 m, liegt also mindestens ± 140 m höher als die heutige Abflussrinne (tiefster Punkt des oberen Zürichsees 370 m). Der später noch zweimal wieder folgende mächtige Gletscher vermochte die versäumte Austiefung nicht nachzuholen.

In der vorletzten Eiszeit, also in der Riss-Eiszeit, wurde das von seinem Fluss verlassene Glattal von einem Teil des vereinigten Rhein- und Linthgletschers gefüllt. Spuren seiner Moräne finden wir noch unter dem Aatalkies, oberhalb der Fabrik des Herrn Trümpler in Ober-Uster. Weiter wurde sie von Prof. Escher und Prof. Heim nachgewiesen unter den Schieferkohlen bei Wetzikon und wahrscheinlich befindet sie sich auch unter den Resten der Kohlen bei Dürnten (siehe Heer).

Beim Rückzug des Gletschers lieferte seine Moräne die Schotter, die wir jetzt als Aatalkies kennen. Die Zusammengehörigkeit der Aatalkiese mit der Grundmoräne unter den Schieferkohlen und deren Trennung von den Produkten der jüngeren Vergletscherung schliesse ich aus folgenden Gründen:

1. Das Aussehen des Aatalkieses ist ein so ganz anderes als das der jüngeren fluvioglazialen Kiese, dass man sie schon beim ersten Anblick erkennt. Die Verkittung ist oft eine sehr feste, kalkig-sandige; es hat sich mehrmals eine löckerige Nagelfluh gebildet, in welcher ausgelaugte Geschiebe gefunden wurden. Jedenfalls müssen die Kiese schon lange abgelagert gewesen sein, bevor sie vom Gletscher bedeckt wurden. Dies wurde übrigens auch schon von Prof. Früh (105 pag. 48) betont.
2. Beide Vergletscherungen haben sowohl Bündnergesteine wie Glarnergesteine hierher gebracht. Die Anzahl der Sernifite gegenüber den Albulagesteinen ist aber in den Aatalkiesen bedeutend kleiner, als in der Grundmoräne und in dem fluvioglazialen Kiese der Drumlinvergletscherung.

3. Am Krährüti, nördlich Gossau, wurden im Jahre 1891 Schieferkohlen entdeckt ± 4 m unter dem höchsten Punkt, also auf ± 510 m. Die Aatalkiese reichen im Delta, das an der Südseite von „Krährüti" in den grossen Kiesgruben entblösst ist, bis ± 510 m hinauf und sind bedeckt von einer dünnen Grundmoränedecke, die zu etwa 4 m Mächtigkeit angehäuft ist.
4. Die Aatalkiese gehen in den unteren Partien stellenweise in Grundmoräne über. Sie gehören also einer eigenen Vergletscherung an und sind nicht nur die präglazialen Kiese der Drumlinvergletscherung.

Man könnte ausserdem noch darauf hinweisen, dass aus der Lage der Schieferkohlen bei Schöneich zweifellos hervorgeht, dass das Glattal zweimal von einem Gletscher bedeckt worden ist und dass diese beiden Vergletscherungen getrennt waren durch eine Interglazialzeit. Wenn man mit Prof. Brückner die Aatalkiese zum Niederterrassenschotter rechnet, so fände sich im ganzen Tale noch keine einzige Spur der älteren Eiszeit, ausser unter den Schieferkohlen bei Schöneich. Dies wäre doch sehr auffallend und obwohl es natürlich keinen Beweis liefert, dass die Aatalkiese darum zum Hochterrassenschotter gehören müssen, unterstützt es doch mit den vorhergenannten Argumenten diese Wahrscheinlichkeit.

Erosion der Schotter der Riss-Eiszeit. Beim Zurückziehen des Gletschers aus dem Glattale fing eine lebhafte Erosion der Aatalkiese an. Diese Erosion muss eine sehr beträchtliche gewesen sein. An vielen Stellen wurden diese Schotter ganz wegerodiert, so dass wir jetzt nur noch spärliche Reste davon finden. Unter der Bedeckung durch die jüngere Moräne werden diese Kiese noch öfters tiefe Aufschlüsse zeigen, allein die alte zusammenhängende Masse, die einst wahrscheinlich einen grossen Teil des Glattales bedeckte, ist doch zum grössten Teil verschwunden. Deutliche Spuren dieser Erosion sehen wir in einigen Bruchstücken, die sich als Felsen im Tale erheben, z. B. bei „Felsen", östlich Ober-Ottikon, bei Leimhalden, bei Breite, südlich Bertschikon.

Schieferkohlen. Am Schluss der Riss-Eiszeit blieb eine wellige Moränelandschaft zurück. Auf der undurchlässigen, lehmigen Unterlage, die sich stellenweise über den fluvioglazialen Kiesen (Aatalschotter) befand, suchten eine Anzahl Bächlein vergebens einen Abfluss. Sie versumpften die Umgebung, die in kurzer Zeit mit ausgedehnten Morästen bedeckt wurde. Diese Sumpfvegetation hat das Material geliefert, das wir jetzt kennen unter den Namen Lignit oder Schieferkohlen. Ziemlich mächtige Lager davon wurden gefunden nordwestlich Dürnten und südlich Wetzikon. Obwohl nicht direkt

zusammenhängend, waren beide doch verbunden durch eine sumpfige Gegend, die reich an Mooren war. Es wurden wenigstens in Probeschächten Spuren von Kohle nachgewiesen bei Bezholz und bei Bossikon. Auch zwischen Bezholz und Dürnten sollen noch überall Kohlen im Untergrunde vorhanden sein, jedoch in geringer Quantität und unter dem Wasserniveau. Auch am Krährüti, nördlich Gossau, zeigten sich im Jahre 1891 Schieferkohlen unter der Grundmoräne der Drumlinvergletscherung. Dass sie nicht präglazial, sondern interglazial sind, zeigt ihre Lage über einem alten Delta der Aatalkiese, über Grundmoräne und unter der Grundmoräne der Würmeiszeit.

Präglaziale Schotter der Würm-Eiszeit. Einige Tausend Jahre (nach Heer ± 6000 J.), nachdem der Gletscher der Riss-Eiszeit sich aus dem Glattal zurückgezogen hatte, näherte er sich aufs Neue dieser Gegend. Die voraneilenden Schmelzwasser führten eine Masse Sand und Kies mit sich, die abgelagert wurde auf die Sumpfvegetation, die damals wahrscheinlich schon zum grössten Teile in Torf übergegangen war. Wir haben diesen präglazialen Kies der Würm-Vergletscherung gefunden in der Gegend zwischen Dürnten und Wetzikon, beim Kirchholz, südwestlich Nossikon, als Dach der Schieferkohlen, an einigen Stellen nordwestlich Wermatswil. Es wurde schon die Vermutung ausgesprochen, dass er Anteil hat an der allgemeinen „leichten Moränenbedeckung", und dass er sich entweder als Kern oder als Basis beteiligt an dem Aufbau von vielen Drumlins.

Gletscherbedeckung während der Würm-Eiszeit. Während der Würm-Eiszeit wurden die nördlichen Alpentäler wieder von den Gletschern bedeckt. Ein Arm des Rheingletschers vereinigte sich abermals mit dem Linthgletscher und ein Teil dieser Eismasse suchte ihren Weg durchs Glattal. Bei ihrem späteren Rückzug liess sie u. a. die Endmoräne nördlich des Greifensees und des Pfäffikersees und südlich davon die Drumlins zurück.

Sowohl der Greifensee wie der Pfäffikersee liegen in alten Talwegen. Die Lage der Endmoränen an den nördlichen Ufern wird die Seebildung gefördert haben. Ich konnte die Frage der Entstehung dieser Seebecken nicht genauer untersuchen und kann auch nicht entscheiden, ob die Seen schon in der Riss-Eiszeit oder erst in der Würm-Eiszeit gebildet worden sind. Ihre Entstehung in der Würm-Eiszeit wäre nicht in Widerspruch mit der Drumlinablagerung. Im Anfang dieser Periode wird der Gletscher jedenfalls mächtig gewesen sein und kräftig genug, um die nur 34 m tiefen Seen in der weichen Molasse auszuhobeln. Die Grundmoräne-Akkumulation datiert erst aus einer späteren Zeit, als der schwache Gletscher zum Verschwinden

verurteilt war und nicht mehr die Kraft hatte, das ihm stets neu zugeführte Material weiter zu transportieren.

Beim Rückgang des Gletschers fing die Tätigkeit der Schmelzwasser wieder an. Hie und da wurden aus der Moräne Lehm, Sand und Kies geschwemmt und weiter unten abgesetzt. Wir kennen die Schotter als die postglazialen Kiese der Würm-Eiszeit (nordwestlich Wermatswil). Geschichtete Lehmlager wurden gefunden bei „Rüti", östlich Riedikon, und bei „Leimgrub", südlich des Weges von Uster nach Nieder-Uster. Die zerstörende und ablagernde Wirkung der Schmelzwasser geht unmerkbar über in die alluviale Erosion.

## 13. Alluvium.

Das hauptsächlichste Produkt der postglazialen und alluvialen Erosion ist wohl das ± 50 m tiefe Aatal zwischen Medikon (?) oder Linggenberg und Ober-Uster. Dass das Aatal erst nach der Drumlinvergletscherung gebildet wurde, scheint mir ausser Zweifel. Die Drumlinlandschaft ist auf den Aatalkiesen aufgesetzt. In den oberen Partien der Talwände kann man an vielen Stellen angeschnitten den scharfen Kontakt der Kiese gegen die überliegende Moräne beobachten. Wo das Aatal von Robank nordwärts in den Kies eingeschnitten ist, findet man aber nirgends an den Abhängen auch nur die geringste Spur von späterer Gletscherwirkung oder von der jüngeren Moräne. Bei der Fabrik Floss, zwischen Medikon und Aatal, wo am rechten Ufer die jüngere Moräne den Aatalkiesen an der Talseite angelagert ist, fehlen am linken Ufer die alten Schotter, sie fangen erst weiter nördlich an. Hier ist das Tal also in der Moräne der Würm-Eiszeit eingegraben.

Einige grosse Erratica, ein Sernifitblock von ± 0,2 $m^3$ Inhalt, und einige andere Blöcke, die sich im Tale am rechten Ufer, etwas unterhalb der Station Aatal befinden, sind vermutlich durch die fortschreitende Erosion in stets tieferes Niveau gekommen, weil sie zu schwer waren, um durch das Wasser transportiert zu werden.

Das Aatal ist wahrscheinlich ursprünglich eine Abflussrinne der Schmelzwasser des zurückziehenden Würmgletschers und wurde dann später weiter ausgegraben durch den Aabach, in Verbindung mit dem Hinwilerbach und dem Kemptnerbach. Noch jetzt vereinigt sich der Hinwilerbach bei Medikon mit der Aa; der Kemptnerbach dagegen mündet gegenwärtig in den Pfäffikersee, dessen südlicher Abfluss die Aa ist. Wie von Dr. Messikommer nachgewiesen wurde (149 pag. 13), hat es aber eine Zeit gegeben, wo auch der Kemptnerbach direkt mit der Aa in Verbindung stand. Das Gefälle des Aabaches ist sehr ansehnlich, etwa 1,2 % (Pfäffikersee 541 m, Greifensee 439 m). Nach

starkem Regenfall ist die Aa noch immer ein kräftiger Bach, so dass man sich nicht wundern kann, dass er imstande gewesen ist, das breite Tal in den stellenweise sehr lockeren Aatalkiesen einzugraben.

Das weggeführte Material befindet sich jetzt grösstenteils am südöstlichen Ufer des Greifensees, wo es ein ausgebreitetes Delta bildet. Einige grosse Kiesgruben und die neugebaute Badeanstalt gaben die gewünschten Aufschlüsse. Sie zeigen uns ein altes alluviales Delta, das teilweise über dem jetzigen Seespiegel liegt. In der grossen Kiesgrube westlich Punkt 446 m fallen die Kiese, lose in Sand eingebettet, regelmässig unter 20° nach SW. Auf 444 m sind sie scharf abgeschnitten und überlagert von horizontal geschichteten Kiesen, die teilweise stark verwittert sind. Das Seeniveau muss also unzweifelhaft einst bis mindestens 444 m gereicht haben, während es jetzt auf 439 m liegt. Das Material ist petrographisch das gleiche, das wir im Aatale gefunden haben. Es fällt aber sofort auf, dass wir hier einen viel jüngeren Absatz vor uns sehen. Besucht man die Kiesgrube südlich Ziegelhütte bei Riedikon, dann trifft man da wieder die Deltastruktur an. Die Schichten fallen hier aber unter 23° nach S statt nach SW, wie es mehr nördlich der Fall war. Auch findet man hier nicht nur Kies in Sand eingebettet, sondern es wechseln Sand- und Kiesschichten. Im westlichen Teil dieser Grube halten die Kies- und Sandstreifen sich noch das Gleichgewicht, in der Mitte herrscht der Sand vor und im östlichen Teil ist der Kies ganz verschwunden. Es befindet sich da nur noch Sand, der deutlich die Deltastruktur zeigt. Nach den Aussagen der Arbeiter ist der Kies weiter landeinwärts nirgends mehr angetroffen worden. Hier befindet sich also der südliche Flügel des Deltas. Wie weit dieses Delta sich nach SE und E erstreckt, ist unsicher, da Aufschlüsse fehlen. Jedenfalls reicht es nicht mehr bis Unterbühlen, denn da wurde die Molasse angetroffen. Wahrscheinlich hat das Delta, und damit der See, nie weiter östlich gereicht als bis zu der jetzigen Isohypse von 450 m.

Im N wurden von Herrn Maschinentechniker Gut die schief geschichteten Kiese beobachtet bis in die Ecke nördlich der jetzigen Aamündung. Die hohe Wand von Molasse-Sandstein, die sich von Nieder-Uster nordwärts erstreckt, bildete also das nordöstliche Ufer des Aadeltas. Dieses Ufer verlief aber nicht gerade, wie die jetzige Wand, es zeigte hier und da Einbuchtungen. Dies geht hervor aus dem Vorkommen von einer Schicht Molasse-Sandstein in äusserst geringer Tiefe in der Strasse, die von Nieder-Uster nach Punkt 436 führt.

Als der Greifensee einmal bis mindestens 444 m reichte, hat er sich auch sowohl nach S als nach N weiter ausgedehnt. Die süd-

liche Grenze ist wieder unsicher, weil jeder Aufschluss hier fehlt und der Boden mit Sümpfen und Mooren bedeckt ist. Man wird aber wohl annehmen dürfen, dass der See nie südlicher reichte als nördlich Mönchaltorf. Wahrscheinlich wurde das ganze Ried südwestlich Schwerzenbach damals bedeckt vom See, der im N gestaut wurde durch den Moränenwall, dessen Reste wir da jetzt noch finden. Erst nachdem die Glatt sich durch diese Moräne einen Ausweg gebahnt hat und den Greifensee entwässerte, sank das Niveau des Wassers und der See erhielt nach und nach seine jetzige Höhe und Grösse. Wann der Greifensee seine gegenwärtige Grösse bekommen hat, ist nicht genau zu sagen. Im Jahre 1667 hatte er schon ungefähr seinen jetzigen Umfang, wie die Karte von H. C. Gyger zeigt.

Die Bildung des Tales östlich vom Bergholz und vom Esel (südlich Nossikon) ist wahrscheinlich schon eingeleitet durch die Schmelzwasser der Würm-Vergletscherung. Nachträgliche Erosion wird das Tal erweitert und vertieft haben. Dass es noch im Jahre 1667 einen Bach gegeben hat von Sulzbach über Nossikon nach Riedikon, wurde schon früher erwähnt. Nach der Karte von Gyger nahm im Jahre 1667 dieser Bach noch einen Nebenfluss auf, der zuerst in nördlicher Richtung floss, sich dann umwendete und so den genannten Bach unterhalb Nossikon erreichte. Wahrscheinlich müssen wir hierin einen Bach sehen, der einmal zwischen den Drumlins Buchhalden-Staubenberg und Schwizerberg geflossen hat und um den Schwizerberg herum dem Sulzbach-Riedikerbach zuströmte. Dieser Bach wird wahrscheinlich viel beigetragen haben zur Umgestaltung des Schwizerberges.

Die Spuren der jüngeren Erosion sind im südlichen Glattal weit verbreitet. In den meisten Fällen fliesst nur noch ein winziges Bächlein durch die Täler, die offenbar einmal durch wasserreiche Bäche mit beträchtlichem Gefälle auserodiert wurden (so z. B. das Tal südlich Bertschikon, das einst gebildet wurde durch einen Bach, der oberhalb Bertschikon aus zwei Flüsschen entstand, von denen das eine das Sackried entwässerte). Sehr oft ist der Bach gänzlich verschwunden und ist nur ein Sumpf geblieben.

Die Bäche haben nicht nur erodiert, sie haben auch an einigen Stellen den Boden erhöht. Besonders bei der Mündung werden sie Alluvionen angehäuft haben. Der Vegetation wegen war ihr Studium in den meisten Fällen unmöglich. Wahrscheinlich werden die Sümpfe an den Ufern der Bäche sich auf der undurchlässigen Lehmschicht gebildet haben, die im Alluvium aus der Moräne gespült worden ist. Alluviale Lehmlager, die nicht von einem Sumpf bedeckt werden, sind die jetzt in Ausbeute genommenen Lehmgruben: 1. hinter dem

Friedhof in Uster, 2. die bei Reiti, östlich Riedikon, und 3. die an der NW-Seite des Hügels Esel. In den Aufschlüssen für die Gasversorgung der Gemeinde Uster wurde dieser geschichtete Lehm angetroffen in der Zimikerstrasse (zwischen Uster und Nieder-Uster), an der Strasse zwischen der Brunnenstrasse und dem Hügel Hasenbühl und bei der Gasfabrik (diese Aufschlüsse reichten nicht tiefer als höchstens 1,8 m).

## Sümpfe und Moore.

Ein einziger Blick auf die Karte genügt, um zu wissen, dass wir hier ein sehr sumpfreiches Gebiet vor uns haben. Die tieferen Einsenkungen zwischen den Drumlins sind meistens bedeckt mit Sümpfen, Torfmooren und sauren Wiesen. Ihre Unterlage bildet in den meisten Fällen die Moränelehmbedeckung der Drumlinvergletscherung. Erratische Blöcke, in den Sümpfen gefunden, boten leider den einzigen Anhaltspunkt, denn tiefere Anschürfungen bis zum Untergrunde fehlten zurzeit. Man soll hier aber nie aus dem Auge verlieren, dass in diesem Tale die allgemeine Moränenbedeckung in den meisten Fällen eine äusserst geringe ist, oft nur einige dm und weniger beträgt. Allerdings befindet sich inmitten des Drumlingebietes das grosse Moos, östlich Gossau, das aller Wahrscheinlichkeit nach direkt auf der Molasse-Nagelfluh ruht. An beiden Abhängen wurde diese miocäne Nagelfluh nachgewiesen und auch im Moos selbst gibt es eine Stelle, wo sie sichtbar wird. Ob die kleinen Sümpfe südlich Herrschmettlen-Grüningen direkt auf der undurchlässigen Molasse-Nagelfluh ruhen oder davon getrennt sind durch eine sehr dünne Moränelehmdecke, war nicht zu entscheiden. Einzelne kleine Erratica können sehr gut von den Bächen von benachbarten oder weiter entfernten Gebieten hierher geführt und abgelagert worden sein. Sie bilden also keinen sicheren Nachweis. Liegt hier aber über der Nagelfluh eine Moränebedeckung, so kann diese jedenfalls nur minim sein, denn im Izikerried z. B. wurde an den Bachufern die miocäne Nagelfluh bis an die Oberfläche beobachtet. Auch in allen Aufschlüssen an den Seiten findet man die Molasse ohne aufliegende Moräne.

Die Torfmoore sind, soweit sie mir bekannt wurden, auf der Karte eingetragen. Ich brauche sie hier also nicht zu nennen. Ihre Entstehung und ihre Vegetation sind ausführlich beschrieben worden von Prof. Früh und Prof. Schröter in: „Die Torfmoore der Schweiz" (147). Dasselbe hier zu wiederholen wäre nutzlos. Nur möchte ich nochmals betonen, dass im Hinwilerried einige 30 Exemplare vorkommen von Pinus montana, Var. uncinata (siehe 147), der sonst im Alpenvorland sehr selten ist.

Bis vor einigen Jahren wurde der Torf in diesen Gegenden mit Vorteil abgestochen. Jetzt, mit den modernen Heizmitteln, geht ihr Abbau mehr und mehr zurück.

Beim Torfstechen im Robenhauser-Ried, nördlich Wetzikon, wurden von Herrn Dr. Messikommer die bekannten Pfahlbauten entdeckt. Die Topographische Karte 1 : 25,000 zeigt die verschiedenen Stellen, wo am Pfäffikersee und am Greifensee Pfahlbautenreste gefunden worden sind.

Die Pfahlbauten beweisen uns, dass das Glattal schon seit sehr langer Zeit von Menschen bewohnt wird. Die Meinung aber, dass man selbst in den Schieferkohlen von Schöneich Spuren von Menschen aus der letzten Interglazialzeit gefunden habe, ist von Prof. Schröter widerlegt worden (145).

---

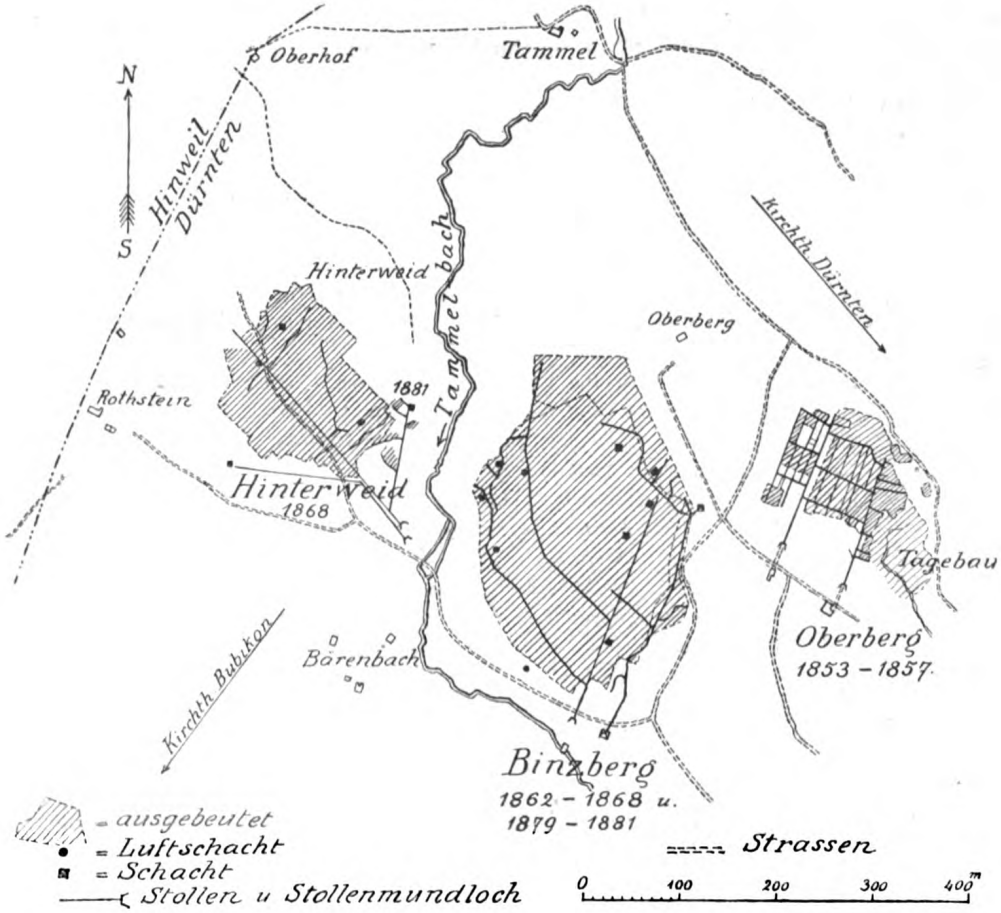
Auf der Karte sind diejenigen Stellen, wo ich gar keine Aufschlüsse fand und über die ich auch gar keine sichere Auskunft bekommen konnte, weiss gelassen. Die auf der Topographischen Karte 1 : 25,000 eingezeichneten „Kiesgruben" geben absolut keinen Anhaltspunkt, denn Kiesgruben sind in allen verschiedenen Ablagerungen gefunden worden, z. B.

Kiesgruben in der Molasse, u. a. bei Mönchaltorf,
„ „ dem Aatalkies, u. a. im Aatal,
„ „ den präglazialen Kiesen der Drumlinvergletscherung, u. a. bei Affeltrangen,
„ „ der wenig verschwemmten Moräne der Drumlinvergletscherung, u. a. bei Breite, südlich Bertschikon,
„ im Alluvium, u. a. bei Brand, nördlich Uster.

Zur Karte 1 : 25000 sind noch folgende Korrekturen zu bemerken: Der Drumlin Sibleten WNW Herrschmettlen sollte durch Gelb auf Rot als Drumlin aus Grundmoräne angegeben sein. Das Gelb am Westfuss des Burghügel in Uster ist so schwach ausgefallen, dass man die damit angedeutete Molasse leicht übersieht.

**14. Situation der Schieferkohlenbergwerke in Dürnten.**

1 : 8000.




## Nachschrift.

Kurze Zeit, nachdem die Arbeit der Fräulein Dr. H. Hellmund (jetzt Frau Dr. Kuiper-Bodenburg Hellmund) in Druck stund, gelang es mir, auch noch ähnlich wie von Wetzikon, Grubenpläne der drei Schieferkohlengruben von Dürnten ausfindig zu machen. Dieselben waren ebenfalls im Nachlass des Herrn Verwalter Burkhardt sel. aufbewahrt. Die Originalpläne und ein zusammengestellter Gesamtplan in 1 : 1000 sind nun in der geologischen Sammlung des Polytechnikums deponiert. Ich fand es passend, bei dieser Gelegenheit auch eine Kopie dieser Pläne in kleinem Masstabe hier beizugeben, da doch die vorliegende Arbeit die Schieferkohlen eingehend bespricht und manche Dokumente über dieselben gesammelt hat.

Juni 1909. **Alb. Heim.**

## 15. Literatur-Verzeichnis.

Viele englische Artikel sind der Schrift von Fairchild 1907 (127) entnommen: die meisten übrigen bis 1901 habe ich im Artikel von Dr. A. Böhm (133) zuerst aufgeführt gefunden.


1. 1812 Hall, Sir James. „On the Revolutions of the Earth's Surface" (Trans-Roy. Soc. Edinburg. Vol. VII. Edinburg 1815. Part I, read March 16, 1812. S. 139—167. Part II, read June 8, 1812. S. 169—211).
2. 1843 Hall, Sir James. „Geology of New York" (Nat. Hist. New York. Part IV). Part IV, Comprising the Survey of the Fourth Geological District. Albany 1843.
3. 1833 Bryce, J. „On the Evidences of Diluvial Action in the North of Ireland" (Journ. Geol. Soc. Dublin. Vol. I. Part I, 1833. S. 34—44).
4. 1835 Hitchcock, Edward. „Report on the Geology, Mineralogy, Botany and Zoology of Massachusetts." Amherst 1835.
5. 1841 Hitchcock, Edward. „The Phenomena of Drift, or Glacio-Aqueous Action in North Amerika, between the Tertiary and Alluvial-Periods." (Rep. Assoc. Amer. Geol. and Natur., 1840—1842. Boston 1843. S. 164—221. Presidential Address 1841).
6. 1838 Scouler, J. „Account of certain Elevated Hills of Gravel, containing Marine Shells which occur in the County of Dublin." (Journ. Geol. Soc. Dublin, Vol. I, Part. IV. 1838. S. 266—276).
7. 1842 Percival, J. G. „Report on the Geology of the State of Connecticut." New Haven 1842.
8. 1843 Portlock, J. E. „On the Geology of the County of Londonderry and of Parts of Tyrone and Fermanagh." Dublin and London 1843.
9. 1852 Young, R. „On the Eskers of the Central Part of Ireland." (Rep. Brit.. Assoc. Adv. Sci. XXII. Meeting at Belfast. Sept. 1852. London 1853. S. 63—64.)
10. 1864 Close, M. H. „Notes on the General Glaciation of the Rocks in the Neighbourhood of Dublin." 1867. S. 3—13; read May 11, 1864. Journ. Roy. Geol. Soc. Ireland. Vol. I. 1864—1867.
11. 1866 Close, M. H. „Notes on the General Glaciation of Ireland" (ebendaselbst, S. 207—242; read March 14. 1866).
12. 1872 Close, M. H. and Kinahan, G. H. „The General Glaciation of Jar-Connaught and its Neighbourhood, in the Counties of Galway and Mayo." Dublin 1872.
13. 1877. Close, M. H. Roy. Geol. Soc. Ireland. Journ. 1877. 5 : 49.
14. 1867 Agassiz, L. „Glacial Phenomena in Maine." Reprinted from the Atlantic Monthly, Febr. and March 1867. Boston 1867.
15. 1867 Harte, W. „On the Post-Tertiary Geology." (Recent and Post-Pliocene Phenomena of the County of Donegal, and Part of the County of Derry, and its Connexion with that of Scotland (Journ. Roy. Geol Soc. Ireland, Vol. II. 1867/70. Dublin 1871. S. 30—67; read June 12, 1867.)
16. 1867 Geikie, J. „On Denudation in Scotland since Glacial Times." (Trans. Geol. Soc., Glascow. Vol. III. Pt. 1, Glascow 1868, S. 54—74; read Nov. 28, 1867.)

17. 1874 Geikie, J. „The Great Ice Age and its Relation to the Antiquity of Man." London 1874.
18. 1877 Geikie, J. Dasselbe. II. Edition. Revised. London 1877.
19. 1894 Geikie, J. Dasselbe. III. Edition, largely rewritten. London 1894.
20. 1867 Hitchcock, Ch. H. „Topographical Map of the two Andovers." (Proc. Essex. Inst. Salem. Vol. V, Nr. 7. July-Sept. 1867. Salem, July 1868, S. 157—160; presented. July 16, 1867.)
21. 1876 Hitchcock, Ch. H. „Lenticular Hills of Glacial Drift." (Proc. Bost. Soc. Nat. Hist. Vol. XIX, Pt. 1. Boston, August 1877. S. 47—59; read Dec. 20, 1876) (Fairchild giebt: Boston Soc. Nat. Hist. Proc. 1878. 19 : 63—67).
22. 1884 Hitchcock, Ch. H. „Lenticular Hills." Letter to J. D. Dana, dated Hanover, N. H. Nov. 27th (1883). Amer. Journ. Sci. 3rd Ser. Vol. XXVII. Nr. 157. New-Haven, Jan. 1884, S. 72.
23. 1868 Shaler, N. S. Boston Soc. Nat. Hist. Proc. 1868. 11 : 27.
24. 1870 Shaler, N. S. „On the Parallel Ridges of Glacial Drift in Eastern Massachusetts, with some Remarks on the Glacial Period." Proc. Bost. Soc. Nat. Hist. Vol. XIII. 1869/71. Boston 1871, Febr. 1870, S. 196—204. read Jan. 19. 1870.
25. 1881 Shaler, N. S. and Davis, W. M. „Illustrations of the Earth's Surface." (Part. I.) Glaciers. Boston 1881. 4 : 60—63.
26. 1885 Shaler, N. S. „Report on the Geology of Martha's Vineyard." (Ann. Rep. U. S. Geol. Surv. VII. 1885/86. Washington 1888. S. 297—363.)
27. 1887 Shaler, N. S. „The Geology of Cape Ann. Massachusetts" (ebendaselbst IX. 1887/88. Washington 1889. S. 529—611).
28. 1871 Kinahan, G. H. „Supplementary Notes on some of the Drift in Ireland." Journ. Roy. Geol. Soc. Ireland. Vol. III. 1870/73. Dublin 1873. S. 9—15; read April 12, 1871.
1872 Kinahan, G. H. and Close, M. H. Siehe Nr. 12.
29. 1871 Gerwig, R. „Das Erratische in der Badischen Bodenseegegend." (Verh. Naturw. Ver. Karlsruhe V 1871. S. 89—105.)
30. 1875 Wright, G. F. „Indian Ridge and its Continuations." (Bull. Essex. Institt. Salem, VII 1875. Nr. 11 and 12. Nov. and Dec. 1875. S. 165—168)
31. 1876 Wright, G. F. „Some Remarkable Gravel Ridges in the Merrimack Valley." (Abstract. Proc. Bost. Soc. Nat. Hist. Vol. XIX. Part I. Boston, Aug. 1877. S. 47—59, read Dec. 20, 1876.)
32. 1881 Wright, G. F. „Boston Soc. Nat. Hist. Proc. 1881." 20 : 217.
33. 1889 Wright, G. F. „The Ice Age in North Amerika, and its Bearings up on the Antiquity of Man." New York. 1889.
34. 1891 Wright, G. F. Dasselbe. 4th Edition. 1891. p. 251—267.
35. 1892 Wright, G. F. „Man and the Glacial Period." (Intern. Scient. Series Vol. 69.) New York 1892 (Fairchild giebt: 1893, p. 75).
36. 1877/78 Matthew, G. F. „Geol. and Nat. Hist. Sur. Can. Rep't of Prog. 1877/78." p. 12—14 E. E.
37. 1878 Upham, Warren. „Geology of New Hampshire." 1878. 3: 285—309.
38. 1879 Upham, W. „Glacial Deposits in New England." Am. Ass'n Adv. Sci. Proc. 1879. 28: 309—310.
39. 1879 Upham, W. „Glacial Drift in Boston and its Vicinities." (Proc. Bost. Soc. Nat. Hist., Vol. XX, 1878/80, Boston 1881, Part. II and III. Oct. and Nov. 1879, Nov. 1879 and April 1880.)

40. 1888 Upham, W. „Marine Shells and Fragments of Shells in the Till near Boston." Bost. Soc. Nat. Hist. Proc. 1888. 24: 127—141. Amer. Journ. Sci. 1889, ser. 3, 37: 359—372.

41. 1889 Upham, W. „The Structure of Drumlins." (Proc. Bost. Soc. Nat. Hist. Vol. XXIV., Part II. Dec. 1888 — May 1889. Boston Oct. 1889 S. 228—242; pres. April 17, 1889.)

42. 1891 Upham, W. „Inequality of Distribution of the Englacial Drift.„ (Bull. Geol. Soc. Amer., Vol. III, 1891, Rochester 1892, March 9, 1892. S. 134—148, read Aug. 25, 1891.)

43. 1891 Upham, W. „Criteria of Englacial and Subglacial Drift." (Amer. Geol, Vol. VIII, Minneapolis 1891, Nr. 6, Dec. 1891, S. 376—385.)

44. 1892 Upham, W. „The Origin of Drumlins." (Proc. Bost. Soc. Nat. Hist. Vol. XXVI, Part I, Nov. 1892 — May 1893. Boston 1893. S. 2—17; read Nov. 16, 1892.)

45. 1892 Upham, W. „Conditions of Accumulations of Drumlins." (Amer. Geol. Vol. X. Minneapolis 1892, Nr. 6, Dec. 1892, S. 339—362.)

46. 1892 Upham, W. „Comparison of Pleistocene and Present Ice-Sheets." (Bull. Geol. Soc. Amer., Vol. IV, Rochester 1893, March 24, 1893. S. 191—204, read Dec. 29, 1892.)

47. 1894 „The Madison Type of Drumlins." (Amer. Geol., Vol. XIV, Minneapolis 1894, Nr. 4, Oct. 1894. S. 69—83.)

48. 1895 Upham, W. „Drumlin Accumulation." Amer. Geol. 1895. 15: 194—195.

49. 1896 Upham, W. „Drumlins and Marginal Moraines of Ice Sheets." (Bull. Geol. Soc. Amer., Vol. VII., Rochester 1896, Nov. 14, 1895. S. 17—30; pres. Aug. 28, 1895.)

50. 1897 Upham, W. „Drumlins containing or lying on Modified Drift." (Amer. Geol., Vol. XX., Minneapolis 1897, Nr. 6, Dec. 1897. S. 383—387.)

51. 1898 Upham, W. „Valley Moraines and Drumlins in the English Lake District." (Amer. Geol., Vol. XXI, Minneapolis 1898, Nr. 3, March 1898, S. 165—170.)

52. 1898 Upham, W. „Drumlins in Glascow." (Amer. Geol., Vol. XXI, Minneapolis 1898, Nr. 4, April 1898, S. 235— 243.)

53. 1880 Stone, G. H. „The Kames of Maine." (Abstract.) Proc. Bost. Soc. Nat. Hist., Vol. XX, 1878/80. Boston 1881, Part IV., May-July 1881. S. 430—469, read March 3, 1880.

54. 1899 Stone, G. H. „The Glacial Gravels of Maine and their associated Deposits." (U. S. Geol. Survey, Monogr. XXXIV.) Washington 1899.

55. 1881 Dana, J. D. „On the Relation of the so-called „Kames" of the Connecticut River Valley to the Terrace-Formation." (Amer. Journ. Sci. Arts, 3rd Ser., Vol. XXII, Nr. 132, Dec. 1881, S. 451—468.)

56. 1883 Dana, J. D. „Glacial Phenomena in the New Haven Region." (Amer. Journ. Sci. 1883. Ser. 3, Vol. 26, 357—361.)

57. 1883 Chamberlin, T. C. „Preliminary Paper on the Terminal Moraine of the Second Glacial Epoch." (III Ann. Rep. U. S. Geol. Surv. 1881/82. S. 291—402. Washington 1883.)

58. 1883 Chamberlin, T. C. Geol. Wis., 1883. 1: 283.

59. 1886 Chamberlin, T. C. „An Inventory of our Glacial Drift." (Proc. Amer. Assoc. Adv. Sci., XXXV, August 1886, Salem, January 1887, S. 195—211.)

60. 1891 Chamberlin, T. C. „Sur la Classification Génétique des Dépôts Pleistocènes." (Compte Rend. Congr. Geol. Intern. V. Washington 1891. Washington 1893. S. 176—207).
61. 1893 Chamberlin, T. C. „The Horizon of Drumlin, Osar and Kame Formation." (Journ. of Geol. Vol. I., Chicago 1893, Nr. 3, April-May. S. 255—267.)
62. 1893 Chamberlin, T. C. Amer. Geol. 1893. 12: 176.
63. 1894 Chamberlin, T. C. „Recent glacial Studies in Greenland." (Bull. Geol. Soc. Amer., Vol. VI, Rochester 1895, S. 199-220; read Dec. 28, 1894.)
64. 1896 Chamberlin, T. C. and Salisbury, R. D. „Geology." 1906. 3: 360.
65. 1881 Davis, W. M. and Shaler, N. S. Siehe Nr. 25.
66. 1882 Davis, W. M. „Glacial Erosion." (Proc. Bost. Soc. Nat. Hist., Vol. XXII. Pt. 1, May 1883. S. 19—58, read May 3, 1882.)
67. 1884 Davis, W. M. „Drumlins." (Science, Vol. IV. July-Dec. 1884. Cambridge, Mass., 1884, Nr. 91, Oct. 31, 1884. S. 418—420.)
68. 1884 Davis, W. M. „The Distribution and Origin of Drumlins." (Amer. Journ. Sci, 3rd Ser. Vol. 28, Nr. 168, Dec. 1884. S. 407—416.)
69. 1892 Davis, W. M. „Remarks on Drumlins." (Proc. Bost. Soc. Nat. Hist., Vol. 26. Pt. 1, Nov. 1892 — May 1893, Boston 1893. S. 17—23, Nov. 16, 1892.)
70. 1898 Davis, W. M. „Physical Geography." 1898, p. 338.
71. 1882 Johnston, L. „The Parallel Drift-Hills of Western New York." (Trans. New York. Acad. Sci. Vol. I, New York. 1881/82. Nr. 4. Jan. 1882. S. 77—80.) (Auszug aus Nr. 72).
72. 1882 Johnston, L. „The Parallel Drift-Hills of Western New York." (Ann. New York. Acad. Sci, Vol. II, May 1882, S. 249—266, read Jan. 9, 1882.)
73. 1884 Lewis, H. C. „Report on the Terminal Moraine in Pennsylvania and Western New York." (II. Geol. Surv. Pennsylv. Rep. of Progr. Z.) Harrisburg 1884.
74. 1894 Lewis, H. C. „Papers and Notes on the Glacial Geology of Great Britain and Ireland." (Edited from his unpublished M. S. S., with an Introduction, by Henry W. Crosskey. London and New York 1894.)
75. 1886 Brückner, E. „Die Vergletscherung des Salzachgebietes, nebst Beobachtungen über die Eiszeit in der Schweiz." (Penck's Geogr. Abh., Bd. I, Heft I, Wien 1886. Nr. I.)
76. 1901 Brückner, E. und Penck, A. „Die Alpen im Eiszeitalter." Leipzig 01.
77. 1888/89. Chalmers, R. Geol. and Nat. Sur. Can. An. Rep. N. S. 1888/89. p. 23 N.
78. 1888/89. Tyrrell, J. B. Geol. Sur. Can. An. Rep. 1888/89. N. S. 4: 22 A.
79. 1889 Tyrrell, J. B. „Post-Tertiary Deposits of Manitoba and the Adjoining Territories of Northwestern Canada." (Bull. Geol. Soc. Amer., Vol. I, New York 1890. S. 395—410; read Dec. 27, 1889.)
80. 1892 Tyrrell, J. B. Geol. Sur. Can. 1892. 6: 15 A.
81. 1893 Tyrrell, J. B. Amer. Geol. 1893. 11: 132, 175.
82. 1889 Leverett, Frank. „Illinois Glacial Lobe." U. S. Geol. Sur. Monogr. 38, 1889, p. 73—135.
83. 1902 Leverett, Frank. „Glacial Formations and Drainage Features of the Erie and Ohio Basins." (U. S. Geol. Sur. Monogr. 41. 1902, p. 691—693. pl. III.)
84. 1904 Leverett, Frank. Mich. Acad. Sci. 6th An. Rep. 1904, p. 102.

85. 1905 Leverett, Frank. „Drumlins in the Grand Traverse Region of Michigan." (Geol. Soc. Am. Bull. 1905, 16: 577.)
86. 1889 Sederholm, J. J. „Om istidens Bildningar i det Inre of Finland." (Fennia, Sällsk. Finl. Geogr. I, Nr. 7.) Helsingfors 1889.
87. 1891 Nansen, F. „Auf Schneeschuhen durch Grönland." Hamburg 1891.
88. 1891 Toll, E. von. „Forschungen im nordöstlichen Sibirien." (Verh. IX. Deutscher geogr. Tag, Wien. April 1891, Berlin 1891. S. 53—64.)
89. 1892 Toll, E. von. „Wissenschaftliche Resultate der von der Kais. Acad. der Wiss. zur Erforschung des Janalandes und der Neusibirischen Inseln in den Jahren 1885 und 1886 ausgesandten Expedition." Abt. III. St. Petersburg 1895 (Lu le 15 Janv. 1892).
90. 1891 Salisbury, R. D. Geol. Sur. N. Y. An. Rep. 1891: p. 71—74.
91. 1893 Salisbury, R. D. Amer. Geol. 1893. 12: 172.
92. 1893 Salisbury, R. D. Geol. Soc. Am. Bul. 1893. 4: 9.
93. 1902 Salisbury, R. D. „Glacial Geology." Geol. Sur. N. Y. 1902. 5: 103.
93a. 1906 Salisbury, R. D. and Chamberlin, T. C. Siehe Nr. 64
94. 1892 Barton, G. H. Bost. Soc. Nat. Hist. Proc. 1892. 26: 23—25.
95. 1894 Barton, G. H. „Glacial Origin of Channels on Drumlins." Geol. Soc. Am. Bull. 1894. 6: 8—13.
96. 1892 Lincoln, D. F. „Glaciation in the Finger Lake Region of New York." (Amer. Journ. Sci. 3rd Ser. Vol. XLIV. Nr. 262. Oct. 1892. S. 290—301.)
97. 1894 Lincoln, D. F. N. Y. State Museum. Rep. 48. 1894. 2: 69—71.
98. 1892 Rosberg, J. E. „Ytbildningar i Ryska och Finska Karelen med särskild Hänsyn till de Karelska Randmoränerna." (Fennina, Sällsk. Finl. Geogr. VI. Nr. 2. Helsingfors 1892.)
99. 1892 Wahnschaffe. „Mitteilungen über das Glacialgebiet Nordamerikas." (Zeits. d. deutsch. Geol. Ges. 1892.)
100. 1893 Sieger, R. „Zur Entstehungsgeschichte des Bodensees." (Richthofen-Festschrift, Berlin 1893. S. 55—76.)
101. 1893 Keilhack, K. „Das Profil der Eisenbahnen Arnswalde-Callies und Callies-Stargard." Jahrb. K. Preuss. Geol. Ld. Anstalt u. Berg-Akademie. XIV. 1893. Berlin 1894.
102. 1896 Keilhack, K. „Die Drumlinlandschaft in Norddeutschland" (ebendaselbst XVII. 1896. Berlin 1897. S. 163—188).
103. 1894 Penck, A. „Morphologie der Erdoberfläche." Stuttgart 1894.
103a. 1901 Penck, A. und Brückner, E. Siehe Nr. 76.
104. 1894 Tarr, Ralph, S. „The Origin of Drumlins." From the American Geologist. Vol. 13. June 1894.
105. 1895 Früh, J. „Die Drumlins-Landschaft, mit spezieller Berücksichtigung des alpinen Vorlandes." Ber. St. Gall. Naturw. Ges. 1894/95. St. Gallen. 1896. S. 325—396.
106. 1904 Früh, J. „Neue Drumlinslandschaft innerhalb des diluvialen Rheingletschers." Eclog. geol. Helvetia. 8. 1904. P. 213—216.
107. 1895 Geer, G. de. „Ett för Sverige nytt Slag af Radialmoräner." (Geol. Fören. Stockholm Förhandl. XVII. Nr. 164. März 1895. S. 212—213.
108. 1895 Russell, J. C. „The Influence of Débris on the Flow of Glaciers." Journ. of Geology. Vol. III. Chicago 1895. Nr. 7.
109. 1897 Russell, J. C. „Glaciers of North America." 1897. Boston and London.
110. 1904 Russell, J. C. Geol. Sur. Mich. 1904. p. 69—81.

111. 1905 Russell, J. C. „Drumlin Areas in Northern Michigan." Geol. Soc. Am. Bul. 1905. 16; 577—578.
112. 1907 Russell, J. C. „Drumlin of Michigan." Geol. Soc. Amer. Bul. 1907. 17: 707.
113. 1896 Baltzer, A. „Der diluviale Aargletscher und seine Ablagerungen in der Gegend von Bern, mit Berücksichtigung des Rhonegletschers." Beitr. Geol. Karte d. Schweiz. XXX. Lief. Bern 1896.
114. 1899 Baltzer, A. „Beiträge zur Kenntnis des diluvialen Rhonegletschers." Eclog. Geol. Helv., Vol. VI. Lausanne 1899. S. 378—391.
115. 1899 Baltzer, A. „Die Hügelrücken und ihre Beziehung zu den Dislokationen auf Jasmund, Rügen." Zeitschr. Deutsch. Geol. Ges. LI. Berlin 1899. S. 556—570.
116. 1899 Baltzer, A. „Drumlins und Äsar bei Konstanz." Vortrag 11. März 1899.
117. 1896 Bonney, T. G. „Ice-work," Past and Present. 1896, p. 116—119.
118. 1896 Doss, B. „Über das Vorkommen von Drumlins in Livland." (Zeitschr. Deutsch. Geol. Ges. XLVIII. Berlin 1896. S. 1—13.)
119. 1900 Doss, B. „Über das Vorkommen von Drumlins im nordwestlichen Russland." (Korr.-Blatt Naturf. Ver. Riga. XLIII. 1900. S. 52—54. Sitzung vom 17. April 1900.)
120. 1896 Marbut, G. F. und Woodworth, J. B. „Clays about Boston." U. S. Geol. Sur. 17th An. Rep. 1896, p. 995—998.
121. 1897 Drygalski, E. von. „Grönlands Eis und sein Vorland." (Grönland-Expedition d. Ges. f. Erdkunde zu Berlin 1891—1893. I. Bd. Berlin 1897.)
122. 1897 Fairchild, H. L. „Glacial Geology of Western New York." Geol. Mag. Lond. 1897. N. S. dec. 4. 4: 532.
123. 1898 Fairchild, H. L. „Glacial Geology in America." Am. Ass'n. Adv. Sci. Proc. 1898. 47: 257—290; Am. Geol. 1898. 2: 154—189; Am. Sci. Sup. 1898. Nr. 1183—1185.
124. 1903 Fairchild, H. L. „Elements of Geology." (Le Conte.) 1903. p. 71, 571.
125. 1905 Fairchild, H. L. „New York Drumlins." (abstract.) Geol. Soc. Am. Bull. 1905. 16: 576.
126. 1907 Fairchild, H. L. „Drumlin Structure and Origin." Geol. Soc. Am. Bull. 1907. 17: 702—707.
127. 1907 Fairchild, H. L. „Drumlins of Central Western New York." New York State Museum. Bull. III. Geology 13. July 1907.
128. 1897 Schmidt, F. „Exkursionen durch Estland." (Guide des Excurs. du VII. Congr. Geol. Intern., St. Pétersbourg, 1897. Nr. XII.)
129. 1898 Nikitin, S. „Geologische Forschungen entlang der Eisenbahntrace Moskau-Windau." (Russisch: Bull. Com. Géol. St. Pétersbourg. XVII. 1898. S. 297—333; Franz. Résumé. S. 333—336.)
130. 1898 Smith, J. „The Drift or Glacial Deposits of Ayrshire." (Trans. Geol. Soc. Glascow. Vol. XI. Supplement.) Glascow. Febr. 1898.
131. 1900 Biéler, Th. „Etude sur le Modelé Glaciaire et le Paysage Drumlinique de la Plaine Vaudoise." (Bibl. Univ. Arch. Sci. Phys. Nat., 4e Sér., T. XI, Nr. 4, Genève, Avril 1901. S. 407—408.)
132. 1901. Biéler, Th. „Etude Préliminaire sur le Modelé Glaciaire et le Paysage Drumlinique dans la Plaine Vaudoise." (Bull. Soc. Vaud. Sci. Nat. 4e Sér. Vol. 37. Nr. 139. Lausanne, Mars 1901. S. 213—220.)
133. 1901 Böhm Edlen von Böhmersheim, A. „Geschichte der Moränenkunde." Abhandl. der K. K. Geogr. Ges. in Wien. III. Bd. 1901. Nr. 4.

134. 1903 Högbom, A. G. „Studien in nordschwedischen Drumlinslandschaften." Bull. geol. institution University Upsala. Vol. 6. 1902—1903. Nr. 11—12. Upsala 1905.
135. 1904 Berghell, H. Geol. Kommissionen, Helsingfors 1904.
136. 1905 Munthe, H. „De geologiska hufouddragen af Västgötabergen och deras om gifning." Geol. Föreningers. 27. Stockholm 1905.

### B. Schieferkohlen im südlichen Glattale.

137. Escher von der Linth, A. Tagebücher. Manuscript. Polytechnikum Zürich.
138. Escher von der Linth, A. Notizen. Manuscript Polytechnikum Zürich.
139. 1844 Escher von der Linth, A. in „Gemälde der Schweiz" (G. Meyer von Knonau). Der Kanton Zürich. II. Auflage. I. Bd. 1844. p. 148.
140. 1858 Heer, Oswald. „Die Schieferkohlen von Utznach und Dürnten." Öffentlicher Vortrag, gehalten den 7. Januar 1858. Zürich 1858.
141. 1864 Heer, Oswald. Eröffnungsrede bei der 48. Jahresversammlung der Schweiz. Naturf. Ges. in Zürich, den 22. August 1864.
142. 1865 Heer, Oswald. „Urwelt der Schweiz." 1865.
143. 1879 Heer, Oswald. „Urwelt der Schweiz." II. Auflage. 1879.
144. 1882 Schröter, C. „Die Flora der Eiszeit." Zürich 1882.
145. 1896 Schröter, C. „Die Wetzikonstäbe." Vierteljahrsschrift der Nat. Ges. Zürich. Jahrgang 41 (1896).
146. 1900 Weber, C. A. „Versuch eines Überblickes über die Vegetation der Diluvialzeit." Naturwiss. Wochenschrift. Redaktion Dr. H. Potonié. Berlin 1900.
147. 1904 Früh, J. und Schröter, C. „Die Torfmoore der Schweiz." 1904.
148. 1905 Neuweiler, E. „Zur Interglacialflora der schweiz. Schieferkohlen." Zürich 1905.
149. 1907 Messikommer, J. „Die geologischen Verhältnisse des Zürcher Oberlandes." Aus „Der Freisinnige". Wetzikon 1907.

### C. Allgemeinere Werke, welche das behandelte Gebiet berühren.

150. 1877 Gutzwiller, A. „Molasse und jüngere Ablagerungen enthalten auf Blatt IX." Beiträge der Geol. Karte der Schweiz. Lief. XIV. 1877.
151. 1885 Wettstein, Alexander. „Geologie von Zürich und Umgebung." 1885.
152. 1888 Früh, J. „Beiträge zur Kenntnis der Nagelfluh der Schweiz." Denkschriften der Schweiz. Naturf. Ges. 1888. XXX.
153. 1891 Pasquier, Léon du. „Über die fluvioglacialen Ablagerungen der Nordschweiz." 1891. Beitr. Geol. Karte der Schweiz. XXXI (neue Folge I). 1891.
154. 1894 Aeppli, Aug. „Erosionsterrassen und Glazialschotter in ihrer Beziehung zur Entstehung des Zürichsees." Beitr. Geol. Karte d. Schweiz. Neue Folge. IV. Lief. (im ganzen 34 Lief.). 1894.
155. 1901 Weber, Julius. „Beiträge zur Geologie der Umgebung des Pfäffikersees." Mitteil. der Naturwiss. Ges. in Winterthur. Heft III. 1901.
156. 1907 Hug, J. „Die letzte Eiszeit im nördlichen Teil des Kantons Zürich und den angrenzenden Gebieten." Beitr. Geol. Karte der Schweiz. Neue Folge, XV. Lief. 1907.

# Leonhard Eulers Verdienste um das Versicherungswesen.

Von

L. Gustav DuPasquier.

In dem Momente, wo sich die ganze mathematische Welt rüstet, „um eine Schuld zu tilgen, die schon längst hätte getilgt sein sollen", nämlich eine Gesamtausgabe der Werke Leonhard Eulers zu veranstalten, dürfte es für weitere Kreise von Interesse sein, zu erfahren, was dieser grösste unter allen schweizerischen Mathematikern speziell auf dem praktisch so wichtigen Gebiete des Versicherungswesens geleistet hat. Es ist leider viel zu wenig bekannt, dass auch hierin Eulers Arbeiten bahnbrechend gewesen sind.

Schon vor Eulers Zeit ist der Gedanke aufgetaucht und realisiert worden, ein Interesse, welches durch unvorhergesehene Ereignisse bedroht erschien, zu versichern und dadurch die Folgen eines Unglücks aufzuheben oder doch zu mildern. So trat mit dem Betrieb eines umfangreichen Seehandels das Bedürfnis der Seeversicherung auf, deren Existenz bis in das 14. Jahrhundert zurück nachgewiesen ist. Lange vor Eulers Zeit ist auch die Feuerversicherung entstanden, zuerst wohl auf Grundlage der Gegenseitigkeit. Ihr Ursprung liegt in der Bildung von sogenannten Brandgilden im nördlichen Europa. Indessen verdient die gegenseitige Hilfe, welche die mittelalterlichen Gilden bei Unglücksfällen aller Art, also auch bei Feuersbränden, ihren geschädigten Genossen zuteil werden liessen, kaum den Namen „Versicherung", denn es war nicht eine Unterstützung mit technischer Berechnung von Leistung und Gegenleistung.

Ferner gab es schon im 17. Jahrhundert Vereine zu gegenseitiger Beerbung. Man nannte sie oft „Tontinen", nach dem Neapolitaner Lorenzo Tonti, der unter Ludwig dem XIV. lebte und im Jahre 1650 nach Frankreich kam. Ob Tonti diese Leibrentenform, die wir später eingehend besprechen werden, selbst erfunden hat,

ist eine zur Zeit noch offene Frage; so viel steht fest, dass er diese Einrichtung in Frankreich einführte, wo sie sich nach 1653, also schon vor Eulers Zeit, sehr verbreitete. Es fehlte ihr aber damals die für die Lebensversicherung unentbehrliche statistische und mathematische Grundlage. Gerade zu Eulers Zeit entstanden die ersten eigentlichen Lebensversicherungsgesellschaften, und zwar in England. Vor Euler gab es noch „Grabekassen" oder „Leichenkassen", auch „Innungssterbekassen" oder „Totenladen" genannt. Sie wurden auf genossenschaftlicher Basis, aber nur in kleinstem Masstabe betrieben: Wenn ein Vereinsmitglied starb, zahlten die übrigen einen bestimmten, für alle gleich hohen Beitrag, und diese Geldsumme wurde den Hinterlassenen des Verstorbenen ausbezahlt. Aber solche Grabekassen entbehren der richtigen mathematisch-technischen Grundlage und können sich deswegen auf die Dauer nicht halten; sämtliche auf dieser Basis beruhenden Vereine mussten, nach mehr oder weniger langem Bestande, wieder aufgelöst werden.

Leonhard Euler hat nun die theoretischen Grundlagen der Lebensversicherungsmathematik in klarer und allgemein verständlicher Form dargelegt und viel dazu beigetragen, ihnen eine grosse Verbreitung zu verschaffen. Nicht weniger als 14 Abhandlungen, wovon 10 in französischer und 4 in lateinischer Sprache, und ausserdem noch mehrere Briefe, bezeugen Eulers Wirksamkeit auf dem Gebiete der Wahrscheinlichkeitsrechnung und ihrer Anwendungen. Von diesen zahlreichen Arbeiten sind 4 von speziellem Interesse für uns, weil sie hauptsächlich das Versicherungswesen, seine statistische und mathematische Grundlage, behandeln. Die zwei ersten stammen aus seiner Berliner Zeit (1741—1766) und fallen beide in das Jahr 1760. Sie wurden aber erst im Jahre 1767, nach seinem Wegzug aus Berlin, in den „Mémoires de l'Académie royale des Sciences et Belles-Lettres", Band XVI, pag. 144—175, abgedruckt. *Die erste* ist betitelt: *„Recherches générales sur la mortalité et la multiplication du genre humain"*. („Allgemeine Untersuchungen über Sterblichkeit und über die Vermehrung des Menschengeschlechts") und umfasst 21 Quartseiten.

*Die zweite: „Sur les rentes viagères"* („Über Leibrenten") ist 11 Druckseiten stark.

Die beiden andern hierher gehörigen Werke hat Euler nach seiner völligen Erblindung redigiert, und zwar im Jahre 1776, nach den Angaben von Nikolaus von Fuss, seines langjährigen Sekretärs und späteren Nachfolgers an der Petersburger Akademie der Wissenschaften. *Die dritte Arbeit*, das Hauptwerk Leonhard Eulers über Versicherungswesen, zerfällt in drei Teile und trägt den Titel: *„Éclaircissemens sur les Établissemens publics en faveur tant des veuves*

*que des morts, avec la description d'une nouvelle espèce de Tontine aussi favorable au public qu'utile à l'État, calculés sous la direction de Monsieur Léonard Euler. Par Mr. Nicolas Fuss. Adjoint de l'Académie Impériale des Sciences.* A St. Petersbourg, de l'Imprimerie de l'Académie Impériale des Sciences". („Aufklärungen über die öffentlichen Institute zugunsten der Witwen sowohl als der Verstorbenen, mit der Beschreibung einer neuen Art von Tontine, ebenso vorteilhaft für das Publikum als nützlich für den Staat, unter der Leitung des Herrn Leonhard Euler berechnet. Von Herrn Nikolaus Fuss, Adjunkt der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften".) Diese Arbeit umfasst 72 Quartseiten. Wann sie erschien, ist an ihr selbst nicht zu ersehen; von Fuss hat als ihr Exhibitionsdatum den 16. Mai 1776 angegeben.

*Die vierte einschlägige Arbeit* Eulers heisst: „*Solutio quaestionis ad calculum probabilitatis pertinentis. Quantum duo coniuges persolvere debeant, ut suis haeredibus post utriusque mortem certa argenti summa persolvatur*". („Lösung einer die Wahrscheinlichkeitsrechnung betreffenden Frage: wie viel zwei Ehegatten einzahlen müssen, damit, nach dem Ableben beider, ihren Erben eine gewisse Geldsumme ausbezahlt werde".) Sie wurde erst 1785 in den „Opuscula analytica Leonhardi Euleri", Band II, pag. 315—330, veröffentlicht. Von Fuss gibt als Exhibitionsdatum dieser Arbeit den 10. Juni 1776 an.

Besonders hervorgehoben zu werden verdient die Tatsache, dass Eulers Sprache sich durch äusserste Klarheit und Anschaulichkeit auszeichnet. Um ein allgemeines Gesetz abzuleiten, oder eine Formel zu beweisen, geht er immer Schritt für Schritt vor, und jedem einzelnen Schritte kann man spielend leicht folgen. Eulers Darstellungsweise ist nicht die knappe, zusammengedrängte, an welche die heutigen Mathematiker im allgemeinen gewohnt sind; es kostet auch beinahe keine Anstrengung, dem Gedankengange des Verfassers nachzukommen. Selbst solchen, die nicht Fachleute sind, bereitet die Lektüre seiner Schriften geradezu einen Genuss, weil er sehr häufig veranschaulichende Bilder heranzieht.

Nach diesen allgemeinen Bemerkungen wollen wir nun den Inhalt der obengenannten vier Abhandlungen wiedergeben, unter Vergleichung mit modernen Verhältnissen.

Der erste Aufsatz, auf den Euler sich in den späteren Abhandlungen auch öfters bezieht, enthält „*allgemeine Untersuchungen über Sterblichkeit und über die Vermehrung des Menschengeschlechts*". Euler hebt zunächst hervor, dass sich die sehr zahlreichen Fragen, deren Beantwortung mit der Dauer des menschlichen Lebens zusammenhängt, auf verhältnismässig wenige reduzieren lassen. Die Beantwortung

jener Fundamentalfragen wiederum wird sehr verschieden ausfallen, je nach den Geburts- und Todesregistern, die man hierfür zu Rate zieht. Aus diesem Grunde will er an eine allgemeine, von jeder speziellen Liste unabhängige, nicht an eine bestimmte Gegend gebundene Lösung jener Fundamentalfragen herantreten. Diese hängen in letzter Linie von zwei Hypothesen ab: Die erste bezieht sich auf die Sterblichkeit, die zweite auf die Geburtenhäufigkeit. Euler kennzeichnet nun *im ersten Teile* dieser Abhandlung „die Mortalitätshypothese" oder das Sterblichkeitsgesetz. Da er in allen späteren einschlägigen Arbeiten dieselben Bezeichnungen anwendet, seien sie hier wiedergegeben, um so mehr, als sie durchaus zweckmässig sind.

Man betrachte $N$ Neugeborene (Euler hat wohl absichtlich den Anfangsbuchstaben von Nouveau-Né verwandt); in der modernen Ausdrucksweise ist diese Zahl $N$ der „Radix" der Sterbetafel; man bezeichne ferner:

Die Anzahl derer, die nach 1 Jahre noch leben werden, mit (1) $N$,
„ „ „ „ 2 Jahren „ „ „ „ (2) $N$,
„ „ „ „ 3 „ „ „ „ „ (3) $N$,
. . . . . .
„ „ „ „ $k$ „ „ „ „ „ $(k)$ $N$.

Die Symbole (1), (2), (3), $\cdots\cdot$ $(k)$ bedeuten dann gewisse echte Zahlenbrüche, von denen jeder einzelne kleiner als der vorhergehende ist, weil ja die Anzahl der Überlebenden von Jahr zu Jahr abnimmt. „Die Werte dieser Brüche werden auch innerhalb gewisser Grenzen schwanken, je nach Klima, Gegend und Lebensgewohnheiten der Menschen." Um aber seinen Betrachtungen völlige Allgemeingiltigkeit zu verleihen, legt Euler diesen Brüchen hier keine speziellen Werte bei, sondern operiert mit den Symbolen. Nach der modernen, international gewordenen Bezeichnungsweise hätte man:

Die Reihe $N$, (1) $N$, (2) $N$, (3) $N$, (4) $N$, $\cdots\cdot$ $(k)$ $N$,
zu ersetzen durch $l_0$, $l_1$, $l_2$, $l_3$, $l_4$, $\cdots\cdot$, $l_k$.
Ferner die Brüche (1), (2), (3), (4), $\cdots\cdot$, $(k)$,
zu ersetzen durch $p_0$, $p_0p_1$, $p_0p_1p_2$, $p_0p_1p_2p_3$, $\cdots\cdot$, $p_0p_1p_2\cdots p_{k-1}$,
oder durch $p_0$, ${}_2p_0$, ${}_3p_0$, ${}_4p_0$, $\cdots\cdot$, ${}_kp_0$;

denn, wenn $l_o$ Neugeborene als Radix der Mortalitätstafel angenommen werden, bedeutet bekanntlich $l_x$ die Anzahl der jetzt noch lebenden $x$-jährigen, $p_x = \frac{l_{x+1}}{l_x}$ die einjährige Lebenswahrscheinlichkeit eines $x$-jährigen, und ${}_kp_x$ die Wahrscheinlichkeit, dass eine $x$-jährige Person nach Ablauf von $k$ Jahren noch lebe. Den Inbegriff der Brüche (1), (2), (3), $\cdots\cdot$ bezeichnet Euler als „die Mortalitätshypothese"; durch diese Reihe wird in der Tat ein Gesetz der

Sterblichkeit ausgedrückt, und aus ihr lässt sich sofort eine Mortalitätstafel mit beliebigem Radix aufstellen.

Euler löst nun die folgenden klassisch gewordenen Fundamentalaufgaben:

*Erste Aufgabe.* Von $M$ gleichaltrigen, $m$-jährigen Personen werden nach Ablauf von $n$ Jahren wahrscheinlich noch $\frac{(m+n)}{(m)} M$ am Leben sein. In moderner Schreibweise ist es die Formel:

$$l_{m+n} = l_m \cdot {}_n p_m.$$

*Zweite Aufgabe.* Die Wahrscheinlichkeit, dass ein $m$-jähriger nach Ablauf von $n$ Jahren noch lebe, ist $\frac{(m+n)}{(m)}$. In moderner Schreibweise:

$${}_n p_m = p_m \cdot p_{m+1} \cdot p_{m+2} \cdot \cdots \cdot p_{m+n-1} \cdot$$

*Dritte Aufgabe.* Die Wahrscheinlichkeit, dass eine $m$-jährige Person noch $n$ Jahre leben und dann im Verlaufe des $(n+1)^{\text{ten}}$ Jahres sterben werde, ist $\frac{(n)-(n+1)}{(m)}$. In moderner Schreibweise:

$${}_n|q_m = p_m \cdot p_{m+1} \cdot \cdots \cdot p_{m+n-1} \cdot (1 - p_{m+n}) = {}_n p_m \cdot q_{m+n}.$$

Ähnlich wird die Wahrscheinlichkeit gefunden, dass eine $m$-jährige Person noch $n$ Jahre leben, dann aber innerhalb der $\nu$ Jahre, die auf diese $n$ ersten folgen, sterben werde; sie ist $\frac{(n)-(n+\nu)}{(m)}$.

In der *vierten Aufgabe* wird die „wahrscheinliche Lebensdauer" eines $m$-jährigen berechnet; es ist diejenige Zeitspanne, die der betreffende hoffen kann, zu durchleben, so dass es gleich wahrscheinlich ist, dass er *vor*, wie dass er *nach* Ablauf dieser Frist sterben werde. Dieser Termin entspricht für einen $m$-jährigen dem Moment, in welchem die ursprüngliche Anzahl $l_m$ aller gleichaltrigen Personen genau auf die Hälfte gesunken sein wird; denn es ist gleich wahrscheinlich, dass er zu der gestorbenen als zu der am Leben gebliebenen Hälfte gehöre.

*Fünfte Aufgabe.* Welche Leibrente ist gerechterweise an eine $m$-jährige Person bis zu ihrem Tode zu bezahlen, als Entgelt für eine im voraus entrichtete, einmalige Bareinlage $a$?

Man nehme an, dass $M$ Personen, alle vom gleichen Alter $m$, dem Versicherer dieselbe Einlage $a$ entrichten; er hat dann die Summe $Ma$ zur Verfügung, die er selbst auf Zins anlegen kann. Man nehme ferner an, der Zinsfuss sei so beschaffen, dass eine Summe $S$ nach einem Jahre durch Hinzufügen des Zinses auf $\lambda S$ anwachse. Dann ist $\frac{S}{\lambda^n}$ (in moderner Schreibweise $S \cdot v^n$) der Barwert einer erst nach Ablauf von $n$ Jahren fälligen Summe $S$. Bedeutet endlich $x$ die Summe, die der Versicherer an jede der $M$ Personen bis zu ihrem Tode auszuzahlen hat, so gilt die Gleichung:

$$a = \frac{x}{(m)} \left\{ \frac{(m+1)}{\lambda} + \frac{(m+2)}{\lambda^2} + \frac{(m+3)}{\lambda^3} + \cdots \right\}$$

aus welcher der Wert von $x$ gefunden werden kann, da alle andern darin auftretenden Grössen bekannt sind. Euler beweist diese Formel, indem er die jetzige Einnahme des Versicherers, also den Betrag $Ma$, gleich der Summe der Barwerte aller seiner voraussichtlichen Ausgaben, d. h. seiner Leistungen an die Versicherten, setzt. Es handelt sich hier um nachschüssige Renten.

*Sechste Aufgabe.* Wenn für ein neugeborenes Kind die Summe $a$ ausgelegt wird mit der Bestimmung, dass es dafür, von seinem $n^{ten}$ Jahre ab, eine lebenslängliche Rente $x$ geniessen solle, so besteht für die Höhe $x$ dieser Rente die Gleichung

$$a = x \left\{ \frac{(n)}{\lambda^n} + \frac{(n+1)}{\lambda^{n+1}} + \frac{(n+2)}{\lambda^{n+2}} + \cdots \right\}$$

zu deren Ableitung Euler dieselbe Methode anwendet, die auch in der vorigen Aufgabe zum Ziele führte. „Alle diese Fragen wird man zu lösen imstande sein, sobald die Werte der Brüche (1), (2), (3), ... bekannt sind; ein solches Sterblichkeitsgesetz hängt aber vom Klima und von der Lebensweise der Menschen, ja sogar von ihrem Geschlecht ab." Hierauf wird die beim Alter von 95 Jahren abschliessende Sterblichkeitstafel von Kerseboom wiedergegeben und erklärt, warum sie, für die untern Lebensjahre wenigstens, eine zu geringe Mortalität anzeige.

*Im zweiten Teile* der Abhandlung wird *die Vermehrung des Menschengeschlechts* untersucht. „Drei Fälle sind zu unterscheiden", sagt Euler, „je nachdem die gesamte Bevölkerung, ihrer Anzahl nach, zunimmt oder abnimmt oder aber stationär bleibt; indessen lassen sich alle drei Fälle in einen einzigen zusammenfassen: bedeutet nämlich $M$ die Anzahl aller jetzt lebenden Menschen und $m \cdot M$ die Anzahl derer, die nach Ablauf eines Jahres auf der Welt sein werden, so schliesst der Koëffizient $m$ alle drei Fälle in sich, je nachdem $m > 1$ oder $m < 1$ oder aber $m = 1$ ist.

Euler sieht sehr wohl ein, dass die demographischen Vorgänge sehr kompliziert sind, dass z. B. die Natalität ein anderes Gesetz befolgen kann als die Mortalität. „Gerade wie das Sterblichkeitsgesetz in unabhängiger Weise, ohne Rücksicht auf die Geburtenhäufigkeit, untersucht wurde, so könnte man auch das Natalitätsgesetz für sich allein betrachten, ohne Rücksicht auf die Sterblichkeitsverhältnisse." Euler deutet einen dahin gehenden Ansatz an, ohne ihn jedoch weiter zu verfolgen. Überhaupt ist die betreffende Stelle, § 13 und 14, nicht mit der Klarheit redigiert, durch die sich Eulers Stil sonst in so hohem Masse auszeichnet; die Verworrenheit der Vorgänge spiegelt sich hier teilweise in ihrer Beschreibung wieder.

Um eine bestimmte Grundlage für seine Untersuchungen zu gewinnen, nimmt Euler an, es bestehe direkte Proportionalität zwischen der Gesamtanzahl aller Lebenden und der jährlichen Geburtenanzahl, ferner, dass die Gesetze der Natalität und der Sterblichkeit sich nicht ändern, sondern im Laufe der Zeit konstant bleiben. Euler weiss sehr wohl, dass diese Annahme willkürlich ist und bezeichnet sie selber als „Vermehrungshypothese". Aus ihr folgt nun unmittelbar, dass irgend eine Bevölkerungsklasse, ihrer Anzahl nach, in geometrischer Progression zu- oder abnimmt oder aber stationär bleibt, sobald für sie die Eulersche Vermehrungshypothese gilt. Wenn nämlich in einem bestimmten Landesteile während eines Jahres $N$ Menschen geboren werden, und im darauffolgenden Jahre $nN$ Neugeborene das Licht der Welt erblicken, so wird der Komplex von Bedingungen, der die Anzahl $N$ in $nN$ überführte, nach Voraussetzung in gleichem Masse weiterwirken; es werden also im dritten Jahre wieder $n$ mal mehr Geburten vorkommen, als im vorhergehenden, d. h. $n \cdot nN = n^2N$ Geburten, im vierten Jahre $n^3N$ Geburten usw. Die jährliche Geburtenanzahl wird infolgedessen tatsächlich eine geometrische Progression bilden: eine steigende, wenn $n > 1$, eine fallende, wenn $n < 1$; sie wird konstant bleiben, wenn $n = 1$ und die Bevölkerung stationär ist.

Euler macht nun die weitere Voraussetzung, seine Vermehrungshypothese gelte auch für die Gesamtanzahl der Bevölkerung; auch sie verändere sich in geometrischer Progression oder bleibe konstant. Das Gesetz der Bevölkerungsvermehrung wird bei dieser Hypothese durch das Verhältnis $1 : n$ vollständig angegeben.

Betrachtet man 100 Jahre als obere Grenze der menschlichen Lebensdauer, so wird nach einem Jahrhundert von den jetzt Lebenden kein einziger mehr existieren; die in einem bestimmten Zeitpunkte vorhandenen Einwohner sind also sämtlich im Laufe der vorangegangenen 100 Jahre geboren. Aus dieser Annahme ergibt sich folgende Tabelle:

| | Geburtenanzahl | Nach 100 Jahren werden davon noch am Leben sein: |
|---|---|---|
| Im gegenwärtigen Jahre . . . | $N$ | $(100)\ N$ |
| Nach einem Jahre . . . . . | $n\ N$ | $(99)\ n\ N$ |
| „ zwei Jahren . . . . . | $n^2\ N$ | $(98)\ n^2\ N$ |
| „ drei „ . . . . . | $n^3\ N$ | $(97)\ n^3\ N$ |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| Nach 99 Jahren . . . . . | $n^{99}\ N$ | $(1)\ n^{99}\ N$ |
| „ 100 „ . . . . . | $n^{100}\ N$ | $n^{100}\ N$ |

Bedeutet nun $M$ die Anzahl, welche die jetzige Bevölkerung nach 100 Jahren erreichen wird, so ist demnach

$$M = (100) \cdot N + (99) \cdot n \cdot N + (98) \cdot n^2 \cdot N + \cdots + (1) \cdot n^{99} \cdot N + n^{100} \cdot N.$$

Die Geburtenzahl wird aber, nach einem Jahrhundert, $n^{100} N$ betragen; hieraus folgt das Verhältnis der Gesamtbevölkerung zur jährlichen Geburtenanzahl:

$$\frac{M}{N} = 1 + \frac{(1)}{n} + \frac{(2)}{n^2} + \frac{(3)}{n^3} + \cdots.$$

Das Gesetz der Bevölkerungsvermehrung ist dadurch auf eine zweite Art ausgedrückt: Das Verhältnis $\frac{M}{N}$ gibt „das Natalitätsgesetz" an, wie viele Neugeborene jährlich im Durchschnitt auf 1000 Einwohner kommen, während die erste Ausdrucksweise, die „Vermehrungshypothese", nur aussagte: In jedem Jahre finden $n$ mal mehr Geburten statt, als im vorhergehenden Jahre, und in irgend einem Zeitpunkte sind $n$ mal mehr Einwohner vorhanden, als ein Jahr vorher. Obige Formel stellt eine Beziehung zwischen diesen beiden Angaben her: Sie gestattet es, $\frac{M}{N}$ zu eruieren, wenn $n$ bekannt ist, und umgekehrt, unter der Voraussetzung, dass die Absterbeordnung ermittelt sei. Nach diesen allgemeinen Erörterungen behandelt Euler folgende Aufgaben:

*Erste Frage.* Es seien bekannt: Das Gesetz der Mortalität, dasjenige der Natalität, sowie die Gesamtanzahl $M$ aller gegenwärtig lebenden Mitglieder einer menschlichen Gemeinschaft. Man soll berechnen, wie viele in jeder Altersklasse wahrscheinlich sind.

*Zweite Frage:* Unter denselben Voraussetzungen soll man berechnen, wie viele im Verlauf eines Jahres wahrscheinlich sterben werden.

*Dritte Frage:* Es seien die Anzahl $N$ aller Geburten, und die Anzahl $O$ aller Beerdigungen, die sich im Laufe eines Jahres ereignen, bekannt; man soll hieraus die Anzahl $M$ aller Lebenden, sowie den jährlichen Vermehrungsfaktor $n$ finden, wenn ein bestimmtes Mortalitätsgesetz angenommen wird.

*Vierte Frage:* Unter denselben Annahmen wie in der vorigen Frage soll ermittelt werden, wie sich die Gestorbenen auf die verschiedenen Altersklassen wahrscheinlich verteilen.

*Fünfte Frage:* Aus der Gesamtanzahl aller Lebenden, der jährlichen Geburtenanzahl und einer nach Altersklassen geordneten Totenliste eines Jahres soll das Sterblichkeitsgesetz gefunden werden.

Es bedeute $M$ die Gesamtanzahl aller Lebenden am Schlusse des betreffenden Jahres, so dass in dieser Anzahl die $N$ Neugeborenen

inbegriffen sind; ferner $O$ die Anzahl aller Todesfälle, die sich im Verlaufe desselben Jahres ereigneten. Dann kann man zunächst den Vermehrungsfaktor $u = \frac{M-O}{M-N}$ berechnen. Es bedeute ferner:

$d_0$ die Anzahl der im ersten Lebensjahre Verstorbenen,
$d_1$ „ „ „ zwischen dem Alter von 1 und 2 Jahren Verstorbenen,
$d_2$ „ „ „ „ „ „ „ 2 „ 3 „ „

. . . . . .

Diese Anzahlen können direkt aus dem als bekannt vorausgesetzten Totenregister für das betreffende Jahr entnommen werden. Nach der vierten Frage ist dann

$$d_0 = \{1-(1)\}N \quad \text{woraus} \quad (1) = 1 - \frac{d_0}{N}$$

$$d_1 = \left\{(1)-(2)\right\}\frac{N}{u} \quad „ \quad (2) = 1 - \frac{d_0 - u d_1}{N}$$

$$d_2 = \left\{(2)-(3)\right\}\frac{N}{u^2} \quad „ \quad (3) = 1 - \frac{d_0 - u d_1 - u^2 d_2}{N}$$

. . . . . .

Diese fünfte Frage ist für die Herstellung von Sterblichkeitstafeln von fundamentaler Wichtigkeit; Eulers Methode gestattet es, eine Mortalitätstafel von augenblicklicher Brauchbarkeit zu entwerfen: Eine Volkszählung und die Totenliste des auf sie folgenden Jahres ergeben schon das Gewünschte. Zwar liegt jener Methode die Annahme zugrunde, die Veränderungen der Einwohnerzahl finden in geometrischer Progression statt, und die angestellten Prüfungen ergeben, dass dem nicht so ist. Die Tatsache der Bevölkerungsvermehrung, wenn *alle* Menschen berücksichtigt werden, steht zahlenmässig fest, aber die Bevölkerungszahl verändert sich nicht nach einfachen Normen. Es handelt sich also nur darum, eine Sterblichkeitstafel zu bekommen, die den momentanen tatsächlichen Verhältnissen entspricht, für die Anwendungen der Wahrscheinlichkeitsrechnung also brauchbar ist. Dieses Ziel kann durch die Eulersche Methode mit sehr einfachen Mitteln erreicht werden.

Zum Schlusse hebt Euler nochmals hervor, auf welchen Hypothesen seine Ausführungen beruhen und erwähnt in lobender Weise die Arbeiten von Johann Peter Süssmilch. Bekanntlich veröffentlichte dieser im Jahre 1741 in seinem Werke: „Die göttliche Ordnung in den Veränderungen des menschlichen Geschlechtes, aus der Geburt, dem Tode und der Fortpflanzung desselben erwiesen", eine Sterblichkeitstafel, welche lange Zeit hindurch sehr beliebt war, obgleich man sie heute in der Praxis des Versicherungswesens nicht mehr brauchen kann.

Die zweite einschlägige Arbeit Leonhard Eulers trägt den Titel: „*Über Leibrenten*". Im § 1 wird sie als Fortsetzung der vorigen Abhandlung bezeichnet. Euler hebt dann die zwei wichtigen Faktoren hervor, die bei jeder Versicherungsanstalt tatsächlich eine fundamentale Rolle spielen: Einerseits die zugrunde gelegte Sterblichkeitstafel, andererseits der Zinsfuss, zu welchem der Versicherer die ihm übergebenen Gelder anlegen kann. Euler bemerkt weiter sehr richtig, dass diejenigen, die für ihre Person eine Leibrente ankaufen, im Durchschnitt als besonders lebenskräftig zu betrachten sind, denn wer schwächlich ist oder auch nur glaubt, er werde nicht sehr lange leben, wird sich im allgemeinen keine Leibrente verschaffen. Man wird also, bei solchen Rentenbeziehern, im Mittel eine geringere Mortalität erwarten müssen, als bei einer beliebig zusammengesetzten Bevölkerung. Aus diesem Grunde legt er seinen Berechnungen die Sterblichkeitstafel von Kerseboom zugrunde, weil dieselbe ausschliesslich Personen berücksichtigt, welche Leibrenten genossen.

Den Zinsfuss nimmt Euler zu 5 % an und drückt dabei die Meinung aus, es werde für den Versicherer nicht schwierig sein, diesen Zins zu erzielen. In seinem später zu besprechenden Hauptwerk über Witwenkassen rechnet Euler sogar mit 6 %. Halley hatte für seine Tafeln auch einen Jahreszins von 6 % angenommen. Man kann hieraus ersehen, wie wesentlich anders die Geldverhältnisse in England im Jahre 1693 gestaltet waren als heutzutage. Halley erwähnt ein königliches englisches Anleihen, welches kurz vorher ausgegeben worden war und 14 % gewährte, und man begreift, dass er angesichts solcher Tatsachen zum Schlusse gekommen war, es sei vom Leibrentenankauf abzumahnen.

Euler erzählt, dass die Stadt Amsterdam „vormals" allen unter 20 Jahre alten Personen für je 1000 Gulden einbezahltes Kapital eine Rente von 100 Gulden, also 10 %, entrichtete und fügt hinzu: „Diese Rente ist so hoch bemessen, dass die Stadt einen sehr grossen Verlust erlitten hätte, wenn sie nicht selbst fast 10 % der Gelder, welche dieses Unternehmen ihr verschaffte, jährlich gewonnen hätte."

Euler warnt vor folgendem Fehlschluss: um den Preis der Rente, der einem gegebenen Alter entspricht, zu ermitteln, bestimme man für dieses Alter die „wahrscheinliche Lebensdauer". Betrachtet man jetzt eine grosse Anzahl gleichaltriger Personen, so wird die eine Hälfte *vor*, die andere *nach* Ablauf jener Frist sterben. Zum Zwecke der Berechnung des Rentenpreises könnte man nun annehmen, diese Personen erreichten sämtlich gerade jenes wahrscheinliche Alter und stürben dann alle auf einmal; aus einer solchen Annahme müsse sich der Rentenpreis berechnen lassen, weil der aus dem frühzeitigen Ab-

leben der einen Hälfte fliessende Gewinn gerade den Verlust kompensierte, welcher für den Versicherer aus dem Überleben der zweiten Hälfte entstünde. Euler macht auf das Fehlerhafte dieser Schlussweise aufmerksam: die Barwerte der zu leistenden Renten werden dabei nicht richtig berücksichtigt.

Eulers klassisch gewordener Gedankengang sei hier mitgeteilt, unter möglichster Anwendung der modernen, internationalen Bezeichnungsweise: Man betrachte $l_0$ Neugeborene, und es möge $l_1, l_2, \ldots, l_m$ die Anzahl derjenigen unter ihnen bezeichnen, welche nach Ablauf von bez. $1, 2, \ldots, m$ Jahren noch am Leben sein werden. Bedeutet ferner $r$ die jährlich zu beziehende Leibrente, welche ein $m$-jähriger sich ankaufen möchte, und $a_m$ den Preis, den der Versicherer jetzt dafür fordert, so setze man voraus, es stellen sehr viele $m$-jährige Personen, etwa $l_m$ an der Zahl, das gleiche Begehren an denselben Versicherer. Er wird hiernach den Betrag $l_m \cdot a_m$ einnehmen, und diese Summe mit samt ihren Zinsen und Zinseszinsen muss gerade genügen, um alle seine künftigen Leistungen zu decken. Von den $l_m$ in Betracht fallenden $m$-jährigen werden voraussichtlich noch am Leben sein: $l_{m+1}$ nach 1 Jahr, $l_{m+2}$ nach 2 Jahren, .... Der Versicherer wird also zahlen müssen:

nach einem Jahre die Summe $r \cdot l_{m+1}$,
nach zwei Jahren „ „ $r \cdot l_{m+2}$,
. . . . . .

bis zum Aussterben sämtlicher Rentner. Es bleibt noch übrig, jede dieser Auszahlungen auf den gegenwärtigen Zeitpunkt zu diskontieren. Nun ist bekanntlich der Barwert einer erst nach $n$ Jahren fälligen Summe $K$ gleich $K \cdot v^n$, wobei $v = \frac{1}{1+i}$ den Abzinsungsfaktor vorstellt und $i$ den Zins bedeutet, der vom Kapital „1“ im Laufe eines Jahres erzielt wird; beispielsweise bei einem Zinsfusse von 5 %: $v = \frac{1}{1{,}05} = \frac{20}{21}$ (siehe pag. 221). Berechnet man hiernach den Barwert jeder einzelnen Auszahlung, welche der Versicherer voraussichtlich wird leisten müssen, so ergibt sich als Summe dieser Barwerte:

$$r \cdot l_{m+1} \cdot v + r \cdot l_{m+2} \cdot v^2 + r \cdot l_{m+3} \cdot v^3 + \cdots$$

Diese Summe ist gleich seiner jetzigen Einnahme $l_m \cdot a_m$ zu setzen; man findet so als Wert der gesuchten Einlage $a_m$:

$$a_m = \frac{r}{l_m} (v \cdot l_{m+1} + v^2 \cdot l_{m+2} + v^3 \cdot l_{m+3} + \cdots)$$

Auf der rechten Seite sind alle Grössen bekannt. Es fehlt nur noch der Begriff der „diskontierten Zahl der Lebenden“, den Euler später benutzt, um dieser Formel die jetzt übliche Gestalt $a_m = r \cdot \frac{N_m}{D_m}$ zu verleihen.

Weiter bemerkt Euler, dass ein Versicherungsinstitut den so erhaltenen Wert der Einlage etwas erhöhen müsse; er hebt diesen Unterschied zwischen Nettoprämie und Bruttoprämie, wie die modernen Ausdrücke lauten, an mehreren Stellen ausdrücklich hervor. Als Begründung werden einerseits die Verwaltungskosten angegeben, andererseits aber die Abweichungen von der vorausberechneten Absterbeordnung, Schwankungen, deren Folgen zu tragen der Versicherer imstande sein müsse. Dann erklärt Euler einige Kunstgriffe, welche die praktische Durchführung der Rechnung bedeutend abkürzen und erweist sich dabei wieder als grosser Meister. Endlich wird eine Tabelle mitgeteilt, die für jedes Alter $m$, von 0 bis 94 Jahren, die Höhe der einmaligen Einlage $a_m$ angibt, welche eine $m$-jährige Person zu entrichten hat, um in den Genuss einer sofort beginnenden Leibrente zu treten. Aus einer weiteren Tabelle ist ersichtlich, wieviel % die Rentner von ihrer Einlage erzielen, wenn sie der Versicherungsanstalt beitreten; das Minimum ist $6^1/_3$ % und entspricht einem Eintrittsalter von 10 Jahren; liegt das Eintrittsalter über 55 Jahren, so wirft die Einlage mehr als 10 % ab, bei 90 Jahren $55^1/_2$ %.

Euler wendet dann seine Aufmerksamkeit der Frage zu, ob es für einen Staat von Vorteil wäre, eine solche Versicherungsanstalt zu gründen. „Wenn ein Staat sich zu 5 % Geld verschaffen kann, so viel als er benötigt, so ist es ratsamer für ihn, dies auf dem Wege einer gewöhnlichen Anleihe als durch Gründung eines solchen Leibrenteninstitutes zu tun", ist der Schluss, zu dem Euler kommt; „aber", fügt er hinzu, „man kann sich eine andere Art von Leibrente ausdenken, deren Ankaufspreis viel geringer zu stehen kommt, welche also beim Publikum viel mehr Anklang finden könnte; ich meine solche Leibrenten, deren Bezug erst nach Ablauf von 10 oder gar von 20 Jahren beginnt." Euler führt hier den Begriff der aufgeschobenen Leibrente ein, welche eine ganz allgemeine Verbreitung gefunden hat und heute wohl von den meisten Lebensversicherungsgesellschaften, gewöhnlich unter dem Namen „Altersrente", gewährt wird. Er beweist dann die Formel, welche es gestattet, für ein beliebiges Alter $m$ den gegenwärtigen Wert ${}_n|a_m$ einer solchen $n$ Jahre aufgeschobenen lebenslänglichen Rente zu finden und erklärt wieder einige Kunstgriffe, durch die man sich die Rechnung bedeutend erleichtern kann. Unter denselben Annahmen wie vorhin (Zinsfuss 5 %, Mortalitätstafel von Kerseboom) berechnet dann Euler zwei Tabellen: die erste gibt den Barwert einer 10 Jahre lang. die zweite den Barwert einer 20 Jahre lang aufgeschobenen Altersrente an, wenn im Zeitpunkte der einmaligen Einlage das Alter des Rentenbeziehers 0, 5, 10, 15, . . . ., 80 beträgt. „Es wäre gewiss eine sehr schöne Einrichtung",

bemerkt Euler, „durch einmalige Zahlung von 3500 Gulden, bei der Geburt eines Kindes, diesem eine feste, lebenslängliche Jahresrente von 1000 Gulden zu sichern, obgleich sie erst ausbezahlt würde, nachdem das Kind das Alter von 20 Jahren erreicht hätte."

Als Hauptwerk Leonhard Eulers auf dem Gebiete des Versicherungswesens sind seine „*Aufklärungen über die öffentlichen Institute zugunsten der Witwen sowohl als der Verstorbenen, mit der Beschreibung einer neuen Art von Tontine, ebenso vorteilhaft für das Publikum als nützlich für den Staat*" zu bezeichnen. Dieses äusserst interessante, in seinem dritten Teile sehr merkwürdige Werk bildet ein in sich abgeschlossenes Ganzes und ist auch für Leser, die nicht Fachleute sind, sehr leicht verständlich, denn die Darstellungsweise zeichnet sich, wie ja auch sonst bei Euler, durch grösste Klarheit aus. Wir werden uns bei der Inhaltsangabe kürzer fassen können, weil manches eine Wiederholung dessen ist, was in den vorigen zwei Abhandlungen auseinandergesetzt wurde, zum Teil mit kleinen Abweichungen in der Bezeichnung.

*Der erste Teil* handelt von *Witwenrenten* und umfasst 34 Seiten. Zunächst wird die Diskontierungsregel bewiesen (siehe pag. 227) und dann folgender Fall betrachtet: ein Ehemann, dessen Alter mit $a$ bezeichnet werde, möchte seiner $b$-jährigen Frau eine Witwenrente von $p$ Rubel sichern; er will zu diesem Behufe sofort eine einmalige Summe $x$ und überdies noch jährlich die Prämie $z$ bezahlen, bis zu seinem Tode; von da ab soll seine Witwe die Jahresrente $p$ erhalten bis an ihr Lebensende. Überlebt aber der Mann seine Frau, so bleiben die eingezahlten Prämien der Versicherungsanstalt verfallen, und sie soll dem Witwer gegenüber zu keinen Leistungen verpflichtet sein. Euler gibt durch jenen Ansatz einen neuen Beweis seines grossen mathematischen Spürsinnes; dieser Ansatz gestattet es nämlich, drei verschiedene Fälle in einen einzigen zusammenzufassen. Hat man obige allgemeine Aufgabe für beliebige Werte von $x$ und $z$ gelöst, so ist tatsächlich mit einem Schlag auch die Lösung von drei weiteren Aufgaben gefunden: denn setzt man nachträglich $z = 0$, so heisst das, der Mann wolle den ganzen Preis der Witwenrente auf einmal bezahlen, und es ist dann der Barwert dieser Rente bereits ermittelt, nämlich gleich $x$. Setzt man dagegen $x = 0$, so ist der Wert der nachschüssigen, und setzt man $x = z$, so ist der Wert der vorschüssigen Jahresprämie berechnet, die ein $a$-jähriger bis zu seinem Ableben entrichten muss, damit nach seinem Tod eine $b$-jährige Person die Jahresrente $p$ bis an ihr Lebensende geniessen könne. Um nun diese allgemeine Aufgabe zu lösen, nimmt Euler an, es wenden sich

eine grosse Anzahl von $a$-jährigen Ehemännern, deren Frauen sämtlich $b$ Jahre alt sind, an denselben Versicherer mit dem gleichen Begehren; dann sind die Grössen $x$ und $z$ derart zu bestimmen, dass die Summe aller zu erwartenden Einnahmen der Versicherungsanstalt, jede einzelne auf den gegenwärtigen Zeitpunkt diskontiert, gerade im Gleichgewicht stehe mit der Summe aller Renten, welche sie voraussichtlich an die hinterlassenen Witwen zu leisten haben wird, jeder dieser Beträge ebenfalls auf den gegenwärtigen Moment diskontiert. Euler zergliedert in sehr ausführlicher und klarer Weise, unter Anwendung der früher besprochenen Prinzipien, die zu erwartenden Einnahmen und Ausgaben der Versicherungsanstalt; er führt diese Zergliederung für die vier ersten Jahre vollständig durch, um das Bildungsgesetz der einzelnen Posten recht deutlich hervortreten zu lassen. So wird der Leser gleichsam spielend und ohne merkliche Anstrengung zur Aufstellung der gesuchten Gleichung

$$1) \qquad x + Cz = (B - C)p$$

geführt. „Auf diese Weise wird das Versicherungsinstitut mit den Regeln der strengsten Gerechtigkeit in vollkommenem Einklang stehen, so dass niemand, welchem Stand und welcher Klasse er auch immer angehöre, einen berechtigten Grund haben wird, sich zu beklagen.“ Die eingeführten Abbreviaturen haben folgende Bedeutung:

$$B = \frac{(b+1)}{(b)} \cdot v + \frac{(b+2)}{(b)} \cdot v^2 + \frac{(b+3)}{(b)} \cdot v^3 + \cdots$$

$$C = \frac{(a+1)}{(a)} \cdot \frac{(b+1)}{(b)} \cdot v + \frac{(a+2)}{(a)} \cdot \frac{(b+2)}{(b)} \cdot v^2 + \frac{(a+3)}{(a)} \cdot \frac{(b+3)}{(b)} \cdot v^3 + \cdots$$

Unter der Annahme, die Versicherungsanstalt könne durch Anlage ihrer Gelder einen Jahreszins von 6% erzielen, hat Euler zehn umfangreiche Tabellen ausgerechnet, welche neben anderm die Werte der Grössen $B$ und $(B-C)$ für jedes durch fünf teilbare Alter der Frau, also für $b = 15, 20, 25, \cdots, 90$, enthalten. Dabei ist das Alter $a$ des Mannes in der einen Tabelle gleich demjenigen der Frau gesetzt ($a = b$), in einer andern Tabelle fünf Jahre höher ($a = b + 5$), in einer dritten 10 Jahre höher ($a = b + 10$), usw. Euler benutzt wieder die Gelegenheit, um noch einige die Rechnung bedeutend abkürzende Kunstgriffe in eingehender Weise zu erklären.

Es wäre nun ein Leichtes, unter Benutzung dieser Tabellen, die oben gefundene Gleichung 1) aufzulösen, nach willkürlicher Verfügung über eine der beiden Grössen $x$ oder z. Euler kommt aber den Bedürfnissen der Praxis noch mehr entgegen: Er setzt $z = o$ und berechnet eine weitere, umfangreiche Tabelle, in welcher, unter denselben Annahmen über $a$ und $b$, die Höhe der einmaligen Einlage angegeben ist, die ein $a$-jähriger Ehemann zu entrichten hat, um

seiner $b$-jährigen Frau eine lebenslängliche Witwenrente von 100 Rubel zu sichern. Er setzt ferner $z = x$ und teilt eine zweite Tafel mit, welche die Höhe der vorschüssigen Jahresprämie angibt, die der $a$-jährige, zum gleichen Zwecke wie vorhin, bis zu seinem eigenen Ableben zu zahlen hätte.

Euler macht schliesslich darauf aufmerksam, dass diese Ergebnisse sehr mannigfaltige Kombinationen zulassen; er führt auch einige besonders interessanten näher aus; man staunt über die Gewandtheit, mit welcher er die obige Gleichung 1) zu benutzen weiss, um immer wieder neue Kombinationsmöglichkeiten und weitere Anwendbarkeit seiner ausgerechneten Resultate zu finden. Diese werden zuletzt auf zwei grossen Tafeln in übersichtlicher Weise nochmals zusammengestellt, und Euler unterlässt es nicht, an gewisse Gesetzmässigkeiten, welche die Zahlenwerte dieser Tafeln aufweisen, einige interessante Bemerkungen zu knüpfen.

„Endlich ist klar, dass in allen bisherigen Ausführungen die Bande der Ehe durchaus nicht in Betracht fallen; dieselben Tabellen können also ganz allgemein dazu dienen, den Preis einer Rente zu berechnen, welche irgend eine $b$-jährige Person B bis zu ihrem Tode geniessen soll, aber erst nach dem Ableben einer anderen Person A vom Alter $a$". Zum Schlusse wird hervorgehoben, dass die in den Tabellen enthaltenen Zahlen Nettowerte vorstellen; „in Wirklichkeit müsste man entweder die Prämien etwas erhöhen, oder die Leistungen des Institutes ein wenig erniedrigen, um die durch den Betrieb verursachten Kosten zu bestreiten, namentlich aber, um gegen unvorhergesehene Ereignisse, gegen Abweichungen von der berechneten Mortalität, gedeckt zu sein". Die Notwendigkeit, eine Reserve anzulegen, wird auch an dieser Stelle deutlich ausgesprochen.

Der zweite Teil des Eulerschen Hauptwerkes über Lebensassekuranz ist betitelt: „*Über die Errichtung einer Totenkasse*" und umfasst 15 Seiten. „Man redet seit einiger Zeit viel von einer solchen Kasse; sie sollte 550 Mitglieder zählen, und jedes wäre verpflichtet, zwei Rubel zu bezahlen, so oft ein Todesfall innerhalb des Vereins vorkäme; aus dieser so zusammengesteuerten Summe von 1100 Rubel würden 1000 den Hinterlassenen des verstorbenen Mitgliedes entrichtet, während der verbleibende Rest von 100 Rubel zum Unterhalt einer Kirche sowie zur Bestreitung der Verwaltungskosten des Vereins dienen sollte". Es wird dabei angenommen, dass jede durch Hinschied frei gewordene Stelle sofort durch einen Neueintritt wieder ausgefüllt werde, so dass die Gesamtanzahl der Vereinsmitglieder konstant 550 betrage. Man sieht gleich ein, dass für diejenigen, welche lange leben, die Mitgliedschaft sehr unvorteilhaft wird, weil sie sehr oft

ihren Beitrag leisten müssen, bevor ihre eigenen Hinterlassenen etwas erhalten. Euler schildert nun in lebendiger Sprache und auf überzeugende Weise den Verlauf einer solchen „Sterbekasse", wie er sich im Licht unbefangener Betrachtung darstellt. Er kommt zum Ergebnis, dass nach einer gewissen Anzahl von Jahren neue, namentlich jüngere Mitglieder, der Kasse kaum mehr beitreten werden; jeder Einsichtige wird sich vielmehr sagen müssen, dass eine derartige Einrichtung höchst unzweckmässig und sehr ungerecht sei, dass diese Versicherung weder auf die Bezeichnung einer billigen, noch auf die einer gemeinnützigen Anspruch machen kann.

Die Geschichte solcher „Grabekassen" hat Euler vollkommen Recht gegeben. Sie sind zu vielen Hunderten entstanden, oft unter verschiedenen Namen; hierher gehören z. B. die „Frankenvereine" oder „Frankenkassen", so genannt, weil bei jedem Todesfall innerhalb des Vereins die Mitglieder einen Beitrag von 1 Fr. leisteten; aber keine Sterbekasse, die auf so ungenügenden und ganz unrichtigen Grundlagen beruhte, hat auf die Dauer bestehen können. Schon Euler hat auch sehr wohl erkannt, dass der Hauptfehler derartiger Organisationen der Mangel einer mathematischen Berechnung von Leistung und Gegenleistung ist. Er schreibt: „Wir hegen nicht die Absicht, irgend jemanden, der gesinnt wäre, einem solchen Vereine beizutreten, von seinem löblichen Vorhaben abzubringen, hauptsächlich, weil da die Interessen einer Kirche mitspielen, und wo es sich um ein quasi frommes Werk handelt, soll man nicht so scharf darauf sehen, was die Gesetze einer genau abwägenden Gerechtigkeit erfordern würden. Wir haben diese Ungereimtheiten nur hervorgehoben, um einen neuen Plan eines solchen Versicherungsinstitutes zu entwerfen, auf den festesten Prinzipien der Wahrscheinlichkeit beruhend, so dass niemand berechtigten Grund haben kann, sich zu beklagen, weil Leistung und Gegenleistung nach den strengsten Gesetzen von Recht und Billigkeit festgestellt sind".

In der richtigen Erkenntnis, dass die Beiträge je nach dem Alter der Mitglieder abgestuft werden müssen, dass aber die Anzahl der Vereinsangehörigen nicht konstant zu bleiben brauche, wenn sie nur nicht zu klein werde, stellt Euler folgende Aufgabe an die Spitze der weiteren Untersuchung: Bekannt sei das Alter eines Mitgliedes, etwa $a$ Jahre, sowie die Summe, welche die Kasse nach seinem Tode den Hinterlassenen zu zahlen hat, nämlich 100 Rubel; „man soll den Preis bestimmen, den diese $a$-jährige Person entrichten muss, entweder sofort bei ihrem Eintritte durch einmalige Zahlung, oder in aufeinanderfolgenden jährlichen Prämien, nach den strengsten Gesetzen von Recht und Billigkeit".

Euler macht hierauf gewissermassen einen Voranschlag über die zu erwartenden Einnahmen und Ausgaben der Kasse; sie müssen einander gerade die Wage halten. Nach abermaligem Beweise der Rabattierungsformel (siehe pag. 227) setzt er wieder den Fall, dass sehr viele, etwa $N$, $a$-jährige Personen der Kasse gleichzeitig beitreten, dass jede sofort beim Eintritte die einmalige Summe $x$ entrichte und überdies noch jährlich, bis zu ihrem Ableben, die Prämie $z$ bezahle. Euler verfolgt dann Jahr für Jahr diese $N$ gleichaltrigen und bestimmt jedesmal die Einnahmen und Ausgaben, welche sie der Kasse verursachen, unter der Annahme, die Kassaverwaltung könne die erhaltenen Gelder zu 6% verzinsen. „Eine solche Annahme ist durchaus notwendig", sagt Euler, „weil sonst der Preis, den jeder zu zahlen hätte, so hoch würde, dass die Anstalt beim Publikum keinen grossen Anklang fände". In meisterhaft klarer und übersichtlicher Art wird dieser Voranschlag für die vier ersten Jahre durchgeführt und so die Gleichung abgeleitet:

2) $$(a) \cdot x + P \cdot z = 100 \cdot (a) - P \cdot 100\, i$$

Hierbei hat das Symbol $(a)$ die früher erklärte Bedeutung (siehe pag. 220); $100\, i$ ist der Zinsfuss; z. B. in dem von Euler angenommenen Falle sechsprozentiger Verzinsung wird $100\, i = 6$; endlich ist $P$ eine Abkürzung für die Reihe

$$P = (a+1) \cdot v + (a+2) \cdot v^2 + (a+3) \cdot v^3 + \cdots$$

Aus der Gleichung 2) sind die Werte von $x$ und $z$ zu bestimmen; über einen von beiden kann man nach Belieben verfügen. Euler bespricht einige besonders wichtige Zahlungsweisen, die sich hieraus ergeben, und erklärt wieder mehrere, die Rechnung bedeutend abkürzende Kunstgriffe. Zum Schlusse werden ausgerechnete Tabellen mitgeteilt, die für alle Alter von fünf zu fünf Jahren, d. h. für $a = 5, 10, 15, \cdots 90$, angeben, welchen einmaligen Betrag, oder welche jährlich zu entrichtende Prämie eine $a$-jährige Person zu leisten hat, um zugunsten ihrer Hinterlassenen ein Kapital von 100, fällig bei ihrem Tode, zu versichern. „Wir haben für diese Tabellen den Zinsfuss von 5% $\left(v = \frac{20}{21}\right)$ angenommen, obgleich wir bei unsern früheren Überlegungen 6% zugrunde gelegt hatten. Es muss nämlich immer eine beträchtliche Barschaft, die keinen Zins einbringt, in der Kasse sein, damit bei jedem Todesfalle die vereinbarten 100 Rubel sofort ausbezahlt werden können. Auf diese Weise entsteht für die Anstalt ein genügend grosser Vorteil, so dass sie alle Unkosten, die der Betrieb verursacht, bestreiten kann. Es wird dann hinreichen, die durch Rechnung gefundenen Werte ein klein wenig zu erhöhen, um die Kasse gegen alle ausserordentlichen Ereignisse zu decken".

Hier wird also abermals die Notwendigkeit der Bildung einer Reserve betont.

Was die in den Tabellen niedergelegten Resultate anbetrifft, verweist Euler auf seine anfangs (siehe pag. 219) zitierte lateinische Arbeit. Indessen wäre es unrichtig, hieraus den Schluss zu ziehen, das Studium jener lateinischen Arbeit sei notwendig, um die soeben besprochene Abhandlung über Sterbekassen zu verstehen. Beide sind unabhängig voneinander und jede in sich abgeschlossen; auch die Kunstgriffe, welche Euler zur Erleichterung der Rechnung anführt, sind jeweilen in beiden erklärt. Das Zitat ist wohl so zu interpretieren: „In der lateinischen Arbeit sind keine Zahlenwerte angegeben, sondern es wird dort nur das Prinzip der Berechnung erläutert; ich lasse nun hier das Resultat der numerischen Ausrechnung folgen". Den Schluss des Aufsatzes über Sterbekassen bilden in der Tat die oben erwähnten Tabellen.

In der einzigen lateinisch geschriebenen Abhandlung Eulers über Versicherungswesen, zu deren Besprechung wir nun übergehen, wird eine Aufgabe behandelt, die mit der vorhin gelösten sehr verwandt, nur etwas komplizierter ist. Es handelt sich nämlich wieder um eine Kapitalversicherung auf den Todesfall, aber dieses Kapital wird erst beim Ableben des zuletzt sterbenden Gatten eines Ehepaares fällig. Der bereits erwähnte Titel der 16 Seiten umfassenden Arbeit lautet in deutscher Übersetzung: „*Lösung einer die Wahrscheinlichkeitsrechnung betreffenden Frage: wieviel zwei Ehegatten bezahlen müssen, damit, nach dem Ableben beider, ihren Erben eine gewisse Geldsumme verabfolgt werde*". Zunächst wird die Diskontierungsregel (siehe pag. 227) bewiesen und die Mortalitätstafel von Kerseboom wiedergegeben. Dann setzt Euler den Fall, es melden sich bei dem Versicherungsinstitute gleichzeitig sehr viele $a$-jährige Ehemänner, deren Frauen sämtlich $b$ Jahre alt sind; ihre Anzahl wird mit $N$ bezeichnet. Die verschiedensten Möglichkeiten fasst Euler wieder in meisterhafter Weise dadurch zusammen, dass er annimmt, jedes Ehepaar zahle sofort, beim Eintritte, die Summe $x$ an die Kasse und überdies noch jedes Jahr die Prämie $z$, bis beide Ehegatten verstorben sind. Dafür solle ihren Erben ein Kapital von 1000 Rubel versichert sein, fällig beim Tode des zuletzt lebenden Ehegatten. Euler stellt wieder eine Art Voranschlag auf und richtet ihn so ein, dass die wahrscheinlichen Einnahmen und Ausgaben einander gerade das Gleichgewicht halten.

Er ermittelt für das erste, für das zweite, dann allgemein für das $(n+1)^{te}$ Jahr folgende vier Anzahlen: die noch vorhandenen Ehepaare; die Witwer; die Witwen; die gänzlich ausgestorbenen Paare.

Die drei ersten Anzahlen liefern die voraussichtlichen Einnahmen, weil sie ersehen lassen, wie oft die Prämie $z$ an die Kasse entrichtet wird; die vierte Anzahl ergibt die zu erwartenden Ausgaben. Vorsichtshalber wird bei der Diskontierung angenommen, die Auszahlungen von je 1000 Rubel hätten jeweilen sämtlich am Anfang des Jahres zu geschehen; „die betreffenden Summen müssen nämlich in der Kasse bereit liegen und bringen deswegen keinen Zins ein." So gelangt Euler, in sehr übersichtlicher Weise, zur schliesslichen Gleichung:

$$3)\quad x + z \cdot \left(\frac{P}{(a)} + \frac{Q}{(b)} - \frac{R}{(a)\cdot(b)}\right) = 1000\left(1 - \frac{i\cdot P}{(a)} - \frac{i\cdot Q}{(b)} + \frac{i\cdot R}{(a)\cdot(b)}\right)$$

Dabei gelten folgende Abbreviaturen:

$$P = (a+1)\cdot v + (a+2)\cdot v^2 + (a+3)\cdot v^3 + \cdots$$
$$Q = (b+1)\cdot v + (b+2)\cdot v^2 + (b+3)\cdot v^3 + \cdots$$
$$R = (a+1)\cdot(b+1)\cdot v + (a+2)\cdot(b+2)\cdot v^2 + (a+3)\cdot(b+3)\cdot v^3 + \cdots$$

In moderner Bezeichnungsweise bedeutet $D_a = l_a \cdot v^a$ die „diskontierte Zahl der Lebenden für das Alter $a$", ferner

$$D_1 + D_2 + D_3 + \cdots + D_{a+1} = N_a$$

die „Summe der diskontierten Zahlen der Lebenden", und diese Grössen spielen bekanntlich in den Berechnungen aller auf richtigen Grundlagen basierenden heutigen Lebensversicherungsgesellschaften die allerwichtigste Rolle; mit diesen Fundamentalgrössen stehen die von Euler definierten Reihen $P$, $Q$, $R$ in engstem Zusammenhang; obige Schlussgleichung 3) lautet nämlich in moderner Schreibweise:

$$x + z\left(\frac{N_a}{D_a} + \frac{N_b}{D_b} - \frac{N_{ab}}{D_{ab}}\right) = 1000\left[1 - i\left(\frac{N_a}{D_a} + \frac{N_b}{D_b} - \frac{N_{ab}}{D_{ab}}\right)\right]$$

Euler erklärt noch einige Kunstgriffe, durch welche die wirkliche Durchführung der Rechnung beträchtlich abgekürzt werden kann; so führt er z. B. die Altersdifferenz der beiden Ehegatten ein: $d = a - b$ und behandelt getrennt die sieben Fälle $d = 0$, 5, 10, 15, 20, 25, 30. Der erste Fall entspricht der Annahme, beide Ehegatten seien gleichaltrig; der siebente Fall trifft zu, wenn der Mann 30 Jahre älter ist als seine Frau.

Die soeben besprochene lateinische Arbeit, oder wenigstens ein Entwurf derselben, war *vor* Beendigung des Hauptwerks „Eclaircissements sur les établissements publics . . ." fertig. Dies geht zunächst aus dem oben pag. 234 erwähnten, im Hauptwerke selbst (pag. 48) stehenden Zitate zur Genüge hervor; ferner aber noch aus dem Umstande, dass schon im Jahre 1770 im „Neuen Hamburger Magazin", Band 43, pag. 3—12, eine freie Übersetzung des Eulerschen Aufsatzes, mit Zusätzen von A. G. Kästner: „*Eulers nötige Berechnung zur Einrichtung einer Witwenkasse*" veröffentlicht wurde[1]). Es ist dies ein

[1]) V. G. Valentin: „Beitrag zur Bibliographie der Eulerschen Schriften". *Bibliotheca mathematica*, 1898, pag. 41—50.

Beweis dafür, dass Euler viel dazu beigetragen hat, den Gedanken der Lebensversicherung zu verbreiten und solchen Institutionen eine richtige Grundlage zu geben.

Der dritte und letzte Teil von Eulers Hauptwerk über Lebensassekuranz behandelt den „*Plan einer neuen Art von Tontine*" und umfasst 23 Seiten. Um eine richtige Würdigung und volles Verständnis dieser sehr merkwürdigen und interessanten Arbeit zu ermöglichen, wollen wir einige allgemeine Bemerkungen über die vielgenannten Tontinen vorausschicken.

Ihren Namen verdanken die Tontinen einem ums Jahr 1630 geborenen, aus Neapel stammenden, italienischen Arzt: Lorenzo Tonti, der zu Mazarins Zeit nach Paris kam und dort um 1695 in grösster Armut starb. Um die Aufnahme einer Staatsanleihe zu erleichtern, machte Tonti dem Kardinal Mazarin im Jahre 1653 folgenden Vorschlag: die ganze Anleihe sollte auf 10 Klassen verteilt werden. Wer dem Staate Geld geben wollte, verpflichtete sich, 300 livres einzuzahlen; er selbst, oder eine von ihm bezeichnete Person, erwarb dadurch Anspruch auf eine jährlich zu beziehende, lebenslängliche Rente. Ihre Höhe war aber nicht ein für allemal fest bestimmt, sondern stieg von Jahr zu Jahr. Jeder Rentenbezieher wurde nämlich einer der 10 Klassen zugeteilt, je nach seinem Alter im Zeitpunkte der Einzahlung: die erste Klasse sollte alle noch nicht sieben Jahre alten Rentner umfassen; die zweite Klasse diejenigen, welche zwischen dem 7. und 14. Altersjahre standen, u. s. f. von 7 zu 7 Jahren; die 10. Klasse endlich diejenigen, welche über 63 Jahre alt waren. Die Höhe der Rente ergab sich nun, von Jahr zu Jahr, dadurch, dass man sämtliche aus den Einlagen fliessenden Zinsen durch die Anzahl der noch lebenden Rentenbezieher dividierte, und zwar klassenweise. Die Gesamtsumme aller Renten sollte also konstant bleiben, aber auf immer weniger Personen verteilt werden. Diese Tontine war demnach eine Art Leibrentenanstalt, wobei der Staat die Rolle des Versicherers spielte und die Renten entrichtete. Aus dem frühzeitigen Tode des einzelnen Versicherten erwuchs jedoch nicht dem Staate ein Vorteil, wie bei gewöhnlichen Leibrenten dem Versicherer, sondern zunächst nur den Überlebenden der betr. Klasse, weil der Rentenbetrag unter sie repartiert wurde. Die Überlebenden waren gewissermassen die Erben der durch Tod Ausgeschiedenen, hinsichtlich der Versicherungssumme. Diese Vererbung der Renten erfolgte nur innerhalb der einzelnen Klassen, nicht darüber hinaus. Da nun aber jedes Jahr einige der Teilnehmer starben, so bekam der Einzelne offensichtlich immer mehr. Schliesslich erhielt der Längst-

lebende jeder Klasse die gesamte Rentensumme, welche auf seine Klasse entfiel. Beim Tode des zuletzt Überlebenden sollte der Staat von jeder Verpflichtung zu weiteren Leistungen befreit und das eingezahlte Kapital ihm verfallen sein. Endlich war der anfängliche Zinsfuss klassenweise abgestuft: die Jüngeren erhielten eine niedrigere, die Älteren eine entsprechend höhere Rente.

Das war es im wesentlichen, was Tonti dem Kardinal Mazarin als geeignete Form einer Staatsanleihe vorschlug; nach seinem Plane sollte eine Rückzahlung des Kapitals nicht erfolgen. Jede der 10 Klassen bildete zugleich eine Art geschlossenen Vereins zu gegenseitiger Beerbung, und nach dem Aussterben aller war der Staat alleiniger Generalerbe.

Es sei die Tatsache erwähnt, dass die Ausführung dieses Vorschlags, der unter dem Namen „königliche Tontine" durch eine Verordnung gebilligt worden war, zunächst am Widerstande des Parlaments scheiterte, dass aber 1689 die erste Staatstontine in Wirksamkeit trat, als infolge andauernder Kriege unter Ludwig XIV. die Staatskasse erschöpft war. Jene Tontine funktionierte übrigens bis 1726; die längstlebende Person war die Frau eines Pariser Arztes, die als 96jährige Witwe verstarb und in ihrem letzten Jahr eine Rente von 73500 livres erhalten hatte. Später wurden in Frankreich, zum Zwecke der Geldbeschaffung bei finanziellen Schwierigkeiten, von der Regierung noch neun Tontinen ins Leben gerufen, und erst mit der Zeit merkte man ihre sehr grossen Nachteile. Von Frankreich aus verbreitete sich das Tontinensystem nach andern Ländern. Auch Private unternahmen es, Tontinen zu errichten, ebenfalls zuerst in Frankreich; das berühmteste Beispiel ist wohl die berüchtigte „Caisse Lafarge", die nach längerem Erfolge schliesslich zusammenbrach, unter anderm wegen mangelhafter technischer Grundlage, und viel Unheil verschuldete.

Euler hat die grossen Nachteile solcher Tontinen klar eingesehen; er hat aber auch die Idee zu einer gänzlichen Umformung dieser Institution gefasst. Der Gedanke ist im dritten Teile seines Hauptwerkes über Versicherungswesen mehr angedeutet als entwickelt. Zunächst wird bemerkt, dass den Vorteilen einer gewöhnlichen Tontine folgende Nachteile gegenüberstehen:

1. Die Anzahl der Teilnehmer ist eine beschränkte.
2. Wenn die Tontine einmal gebildet ist, dürfen keine Mitglieder mehr eintreten.
3. Die Interessenten wissen nie zum voraus, wieviel sie im nächsten Jahre für ihr preisgegebenes Kapital beziehen werden.

4. Die zu entrichtende Einlage ist für alle gleich hoch; sie kann den Vermögensverhältnissen von Personen verschiedenen Standes nicht angepasst werden, was manchen vom Eintritt abhält.

Der Institution, welche Euler vorschwebt, haftet keiner dieser vier Nachteile an. Sie lässt sich folgendermassen beschreiben: Ein Staat errichtet gleichzeitig 95 verschiedene Tontinen; in die erste werden nur Neugeborene aufgenommen; in die zweite nur solche, die im zweiten Lebensjahre stehen; in die dritte nur Mitglieder, die mehr als zwei, aber noch keine drei Jahre alt sind, u. s. f.; die 95. endlich umfasst nur Personen, deren Alter 94 Jahre übersteigt. Die Anzahl 95 habe ich gewählt, weil in der Kerseboomschen Mortalitätstabelle, welche Euler seinen Berechnungen immer zugrunde legt, die obere Grenze menschlicher Lebensdauer zu 95 Jahren angenommen wird. In moderner Schreibweise wäre 95 durch $\omega$ zu ersetzen. Die vorigen 95 Tontinen sind voneinander unabhängig zu denken. Man könnte sich natürlich auch vorstellen, sie seien Teile einer einzigen, aus 95 Klassen bestehenden, grossen Tontine. Es erweist sich aber als zweckmässig, die Darstellung so zu gestalten, dass jede Tontine nur eine Klasse enthalte.

Im nächsten Jahr errichtet nun der gleiche Staat 95 neue Tontinen nach demselben Schema, so dass deren jetzt 190 selbständig funktionieren; im dritten Jahre werden abermals 95, nach gleichem Vorbild, in Betrieb gesetzt; und so weiter.

Sollte es vorkommen, dass für eine bestimmte Altersklasse, oder auch für mehrere, keine Anmeldungen erfolgen, so werden, in dem betreffenden Jahre, weniger als 95 neue Tontinen geschaffen. Es ist auch denkbar, mehrere Altersklassen in eine einzige zu verschmelzen, wenn die Anzahl der Neuanmeldungen sehr klein ist. *Der Inbegriff all dieser Tontinen* ist nun die neue Institution, welche Euler ausgedacht hat. Ihre Teilnehmerzahl ist nicht eine beschränkte, und Personen jeglichen Alters können ihr jederzeit beitreten.

Eulers Institution besitzt aber auch nicht die unter 3. und 4. oben aufgeführten Nachteile. Um dies einzusehen, vergegenwärtige man sich die Technik ihres Funktionierens, am einfachsten folgendermassen: Wir betrachten eine beliebig, aber bestimmt gewählte der vielen Partialtontinen; sie zähle $N$ Teilnehmer, welche sämtlich $a$ Jahre alt sind. Diese bilden einen geschlossenen Verein zu gegenseitiger Beerbung. Jedes Mitglied bezahlt bei seinem Eintritte den Betrag von 1000 Rubel. Die hieraus resultierende Einnahme von $1000 \cdot N$ Rubel wird zinstragend angelegt. Nehmen wir mit Euler 5% an, so ist jährlich die konstante Summe von $50 \cdot N$ Rubel an die überlebenden Mitglieder der betrachteten Tontine zu entrichten.

Nach Ablauf von $n$ Jahren werden ihrer wahrscheinlich nur noch $\frac{(a+n)}{(a)} \cdot N$ am Leben sein, wie früher auseinander gesetzt wurde (siehe pag. 221). Obige Summe von $50 \cdot N$ ist unter diese Überlebenden zu verteilen; folglich wird jeder voraussichtlich $50 \frac{(a)}{(a+n)}$ Rubel erhalten. Hieraus ersieht man zunächst, dass der jährliche Anteil des einzelnen von der ursprünglichen Mitgliederanzahl $N$ unabhängig ist und auch im Laufe der Zeit davon unabhängig bleibt. So kann man zum voraus berechnen, wieviel jeder von Jahr zu Jahr beziehen wird:

Nach Ablauf von 1 Jahr: $50 \frac{(a)}{(a+1)}$

„ „ „ 2 Jahren: $50 \frac{(a)}{(a+2)}$

„ „ „ 3 „ $50 \frac{(a)}{(a+3)}$

. . . . . .

Diese Beträge bilden eine steigende Reihe, weil die Werte $(a+1)$, $(a+2)$, $\cdots$, immer mehr abnehmen.

Die soeben angestellten Betrachtungen gelten für jede einzelne der zahlreichen Partialtontinen, man hat nur statt $a$ der Reihe nach 1, 2, 3, 4, $\cdots$, zu setzen. Auf Grund dieser einfachen Formel hat Euler eine $8\frac{1}{2}$ Seiten umfassende Tabelle berechnet, „welche angibt, wieviel eine Person beliebigen Alters an steigenden Renten beziehen kann, für ein Kapital von 1000 Rubel, einbezahlt nach Art der Tontinen ohne Rückgewähr im Todesfall". In der richtigen Erkenntnis, dass die Zahlen der Sterblichkeitstafel keine absolut genauen sind, hat Euler die Rechnung nur für die durch fünf teilbaren Alter ausgeführt und die dazwischenliegenden Werte nach arithmetischer Progression interpoliert. Dies hat jedoch zur Folge, dass von je fünf Resultaten das eine genau, die vier andern aber zu hoch sind. Auf die Dauer würde sich also ein Defizit in der Kasse einstellen. Indessen hat Euler eine zweite „verbesserte Tabelle zu Handen des Publikums" mitgeteilt, ebenfalls $8\frac{1}{2}$ Quartseiten umfassend, in welcher die steigenden Renten etwas niedriger gegriffen sind. Euler nimmt nämlich an, ein Fünftel aller Sterbefälle werde zugunsten der Institution berechnet: zur Bildung einer Reserve und zur Bestreitung der Verwaltungskosten. Die steigenden Renten dieser „verbesserten Tabelle" sind demnach so normiert, als ob nur 80% der Todesfälle einträfen; die von Jahr zu Jahr eintretende Erhöhung der Rente, der jährliche Zuschlag zu den 50 Rubel, wird infolgedessen um 20% gekürzt: statt 55 werden nur 54, statt 60 nur 58, statt 65 nur 62, u. s. f., an Rente ausbezahlt. „Diese Verminderung", sagt Euler,

„soll die Institution gegen ausserordentliche Ereignisse decken". Es ist eine Vorsichtsmassregel, welche die Bildung einer Reserve gestattet, wodurch die Sicherheit und Leistungsfähigkeit der Kasse erhöht wird, „und auf diesen Punkt muss es in allererster Linie ankommen".

„Diese Institution", führt Euler zum Schluss aus, „ist geeignet, beim Publikum einen grossen Anklang zu finden, denn der Eintritt steht jederzeit und jedermann offen. Es hängt auch vom Belieben des Einzelnen ab, so viel oder so wenig einzuzahlen, als er will, und er kann im voraus genau ausrechnen, auf eine wie hohe steigende Rente er Anspruch hat, ohne darauf Rücksicht nehmen zu müssen wie viele jährlich sterben. Für den Staat wird diese Institution eine nie versiegende Quelle von Einkünften bilden; denn es ist zu erwarten, dass die Anzahl der Teilnehmer steigen werde, statt abzunehmen; dadurch wächst die Institution zu einer dauernden aus, während die gewöhnlichen Tontinen mit dem Tode des zuletzt überlebenden Mitgliedes erlöschen".

Die Originalität dieser Institution dürfte aus der vorangegangenen Skizze zur Genüge hervorgehen; dieser dritte Teil bildet einen würdigen Abschluss von Eulers Hauptwerk über Versicherungswesen; leider ist dieses Werk sehr selten geworden und schwer zugänglich.

Sechs Jahre nach dem Erscheinen der „Éclaircissements . . ." wurde eine deutsche Übersetzung veröffentlicht (Altenburg, 1782). Beide Ausgaben, die deutsche wie die französische, fanden viele Leser und trugen den Gedanken der Versicherung, sowie die ausgezeichneten Prinzipien, auf welche Euler sie stützte, in breite Schichten der Bevölkerung. Wenn auch die numerischen Tabellen, die Leonhard Euler ausgerechnet hat, den heutigen Verhältnissen nicht mehr angepasst sind, so werden doch die Methoden, die er anwandte, niemals veralten. Nicht zu vergessen ist die berühmt gewordene „Eulersche Summenformel". Sie steht z. B. in seinen *„Institutiones calculi differentialis"*, Pars II, cap. 5, § 130 (pag. 430) und sei hier genau in der Form, in welcher Euler sie ableitet, wiedergegeben:

$$Sz = \int z\,dx + \frac{1}{2}z + \frac{1}{6}\cdot\frac{1}{1\cdot 2}\cdot\frac{dz}{dx} - \frac{1}{30}\cdot\frac{1}{1\cdot 2\cdot 3\cdot 4}\cdot\frac{d^3z}{dx^3}$$
$$+ \frac{1}{42}\cdot\frac{1}{1\cdot 2\cdot 3\cdots 6}\cdot\frac{d^5z}{dx^5} - \frac{1}{30}\cdot\frac{1}{1\cdot 2\cdot 3\cdots 8}\cdot\frac{d^7z}{dx^7}$$
$$+ \frac{5}{66}\cdot\frac{1}{1\cdot 2\cdot 3\cdots 10}\cdot\frac{d^9z}{dx^9} - + \cdots$$

Während diese Formel, oft in anderer Schreibweise, in der einschlägigen Literatur deutscher Zunge als „Eulersche Summenformel" gang und gäbe ist, wird sie in englischen Schriften über Versicherungs-

mathematik oft „Lubbocks Formula" genannt. Unabhängig von L. Euler hat Mac Laurin diese Formel bewiesen. Als Beispiel für ihre zahlreichen Anwendungen sei nur die Berechnung von Renten erwähnt, die in Raten zahlbar sind, jährlich $m$ Mal. (Cf. Institute of Actuaries' textbook, II, pag. 170.) Noch in sehr vielen Berechnungen oder theoretischen Untersuchungen der heutigen Lebensversicherungstechnik wird von der Eulerschen Summenformel ein ausgedehnter Gebrauch gemacht.

Durch seine hier besprochenen Arbeiten hat sich Leonhard Euler grosse Verdienste um die Lebensversicherung erworben, denn er hat viel dazu beigetragen, diese Institutionen zu verbreiten, ihnen die Beachtung und Unterstützung weiter Kreise zuzuwenden, ihnen endlich die unentbehrliche, mathematisch und technisch richtige Grundlage zu verschaffen. Die Lektüre seiner Abhandlungen ist übrigens geradezu ein Genuss, wegen der ausserordentlich klaren und übersichtlichen Darstellung, wegen der geschickten Behandlung der Probleme, nicht zum wenigsten infolge der Offenheit, mit der uns dieser Meister die Wege zeigt, auf denen er zu seinen Resultaten gelangt ist.

## Verzeichnis von Leonhard Eulers Schriften aus dem Gebiete der Wahrscheinlichkeitsrechnung und ihrer Anwendungen.

Die in runden Klammern () beigefügten Zahlen geben das Jahr der Drucklegung an. Eckige Klammern [] bedeuten Zusätze von Fuss aus seinem Handexemplar und beziehen sich auf das Exhibitionsdatum der betreffenden Arbeit.

1. Calcul de la probabilité dans le jeu de rencontre. *Mém. de Berl. t.* **7**. 1751 (1753), *pag.* 255–270.

   [? Berlin 1753, März 8. — Bei Jacobi: . . . dans les jeux de *hasard*.] In einem Briefe C. G. J. Jacobis an P. H. v. Fuss, datiert aus Berlin den 24. Oktober 1847, ist in der Tat eine Abhandlung Eulers mit dem Titel: „*Calcul des probabilités dans les jeux de hasard*" angegeben, die Euler in der Berliner Akademie der Wissenschaften am 8. März 1753 gelesen hat. Durch seine in Klammern [] beigefügte Bemerkung deutet Fuss an, dass die Frage offen sei, ob hier zwei verschiedene Abhandlungen Eulers vorliegen, oder ob beide identisch seien.

2. Sur l'avantage du banquier au jeu de Pharaon. *Mém. de Berl. t.* **20**. 1764 (1766), *pag.* 144–164. [Berlin 1755, Febr. 27.; noch einmal 1758.

Juli 20.] Es ist jetzt unmöglich zu entscheiden, ob die gedruckte Abhandlung zweimal vorgelegt worden ist, oder ob die erste Abhandlung zurückgezogen und dann eine andere mit demselben Titel vorgelegt wurde.

3. Recherches générales sur la mortalité et la multiplication du genre humain. *Mém. de Berl. t.* **16.** 1760 (1767), *pag.* 144—164.
4. Sur les rentes viagères. *Mém. de Berl. t.* **16.** 1760 (1767), *pag.* 165—175
5. Réflexions sur une espèce singulière de loterie, nommée loterie génoise. *Op. post. t.* **1.** (1862), *pag.* 319—335. Der Berliner Akademie am 10. März 1763 vorgelegt.
6. Sur la probabilité des séquences dans la lotterie Génoise. *Mém. de Berl. t.* **21.** 1765 (1767), *pag.* 191—230.
7. Solution d'une question très difficile dans le calcul des probabilités. *Mém. de Berl. t.* **25.** 1769 (1771), *pag.* 285—302. [1770, Nov. 29.]
8. Éclaircissemens sur les établissemens publics en faveur tant des veuves que des morts, avec la description d'une nouvelle espèce de tontine aussi favorable au public qu'utile à l'État, calculés sous la direction de Monsieur Léonard Euler par Mr. Nicolas Fuss. *St. Pétersbourg* (o. J.). 4°, 72 Seiten. [1776, Mai 16.] Es gibt eine deutsche Übersetzung: Altenburg 1782.
9. Solutio quaestionis ad calculum probabilitatis pertinentis. Quantum duo coniuges persolvere debeant, ut suis haeredibus post utriusque mortem certa argenti summa persolvatur. *Op. anal. t.* **2.** (1785), *pag.* 315—330. [1776, Juni 10.] Schon 1770 erschien im „Neues Hamburger Magazin" **43,** *pag.* 3-12: „Leonhard Eulers nötige Berechnung zur Einrichtung einer Witwenkasse". Die deutsche Redaktion rührt von A. G. Kästner her.
10. Observationes in praecedentem dissertationem Illustr. Bernoulli. *A. Petr. t.* **1,** 1777 I (1778), *pag.* 24—30. [1776, Dez. 5.]

    Die betreffende Arbeit von Daniel Bernoulli, im gleichen Bande, pag. 1-23, trägt den Titel: „Dijudicatio maxime probabilis plurium observationum discrepantium, atque verisimillima inductio inde formanda".
11. Eclaircissemens sur le Mémoire de Mr. de La Grange, inséré dans le V^e^ volume de Mélanges de Turin, concernant la méthode de prendre le milieu entre les résultats de plusieurs observations &c. *N. A. Petr. t.* **3.** 1785 (1788), *pag.* 289–297. [1777, Dez. 1.], nach N. v. Fuss; Seite 289 des Bandes steht: „Présenté à l'Académie le 27 nov. 1777."

    Die betreffende Arbeit von de La Grange steht in den „Mélanges de philosophie et de mathématique de la Société Royale de Turin pour les années 1770–1773", Bd. **5,** *pag.* 167—232, und trägt den Titel: „Mémoire sur l'utilité de la méthode de prendre le milieu entre les résultats de plusieurs observations; dans lequel on examine les avantages de cette méthode par le calcul des probabilités; et où l'on résoud différens problèmes relatifs à cette matière". Par Mr. de La Grange.
12. Solutio quarundam quaestionum difficiliorum in calculo probabilium. *Op. anal. t.* **2.** (1785), *pag.* 331—346. [1781, Okt. 8.]
13. Vera aestimatio sortis in ludis. *Op. post. t.* **1.** (1862), *pag.* 315—318.
14. Analyse d'un problème du calcul des probabilités. *Op. post. t.* **1.** (1862), *pag.* 336—341.
15. In seinen Briefen hat Euler zuweilen Fragen aus der Wahrscheinlichkeitslehre und ihrer Anwendung behandelt. Die zwei Briefe an Friedrich II. (1749, 1763). die in den *Opera posthuma* (**1,** *pag.* 550—552; 553—554) veröffentlicht worden sind, beziehen sich ausschliesslich auf diesen Gegenstand.

Der erste Brief kann als die älteste bisher veröffentlichte Schrift von Euler über Lotterien betrachtet werden.

Erklärung der Zitate: *Mém. de Berl.* — Mémoires de l'Académie Royale des Sciences et Belles-Lettres de Berlin. (Tomes **1—25,** années 1745—1769.)

*Op. post.* — Leonhardi Euleri Opera postuma. (T. **1—2,** Petropoli 1862.)

*Op. anal.* — Leonhardi Euleri opuscula analytica. (St. Petersburg, 4°, Bd. **1**: 1783. Bd. **2**: 1785.)

*A. Petr.* — Acta Academiae Scientiarum Imperialis Petropolitanae. (6 Jahrgänge: 1777—1782. Jeder Jahrgang besteht aus zwei Teilen: I, II.)

*N. A. Petr.* — Nova Acta Academiae Scientiarum Imperialis Petropolitanae. (Bd. **1—15,** Jahrgänge 1783—1802.)

---

Den Herren G. Eneström, Herausgeber der *Bibliotheca mathematica,* in Stockholm, und Dr. G. Schärtlin, Direktor der Schweizerischen Lebensversicherungs- und Rentenanstalt in Zürich, spreche ich meinen verbindlichsten Dank aus für die ergänzenden Mitteilungen, die sie mir freundlichst zur Verfügung gestellt haben.

# Der Peridotit von Loderio (Kt. Tessin).

Von

L. HEZNER.

Dem mächtigen Komplex der Tessiner Gneise sind neben den längst bekannten grösseren Massen basischer Amphibolgesteine mehrere kleinere Vorkommnisse peridotitischer Natur eingelagert. Zu den ersteren gehören die dunklen, feldspatharmen, teilweise gebänderten Amphibolite, welche die Hügel nordwestlich von Ascona am Lago maggiore bilden. In ihrer östlichen Fortsetzung streicht ein grosser Zug von Hornblendegesteinen vom Tessintal bis zum Comersee, mit den Amphiboliten von Ascona verbunden durch die kleine Zone von Granatamphiboliten am Ausgang des Verzascatales. Die bis jetzt bekannt gewordenen Peridotite liegen sämtlich etwas mehr nördlich. Genauer studiert und beschrieben ist bis jetzt nur der schöne pyropführende Olivinfels von der Alp Arami im Hochtal von Gorduno [1]). Verwandte Gesteine stehen mehrfach in nächster Nähe von Bellinzona an. Der Peridotit von Loderio liegt im Blegnotal, kaum eine Stunde hinter Biasca, an den Gehängen des Monte Sobrio etwa 300 m über der Talsole. Gerade ihm gegenüber tritt der mächtige Trümmerstrom des Bergsturzes vom Pizzo Magno aus einer Nische, sich schuttkegelartig weit ausbreitend. Eine Viertelstunde weiter taleinwärts versteckt sich das Dörfchen Loderio im Kastanienwalde.

Der Peridotit ist nur etwa 30 m mächtig. Sein Hangendes wird von jenem hellen Lagengneis mit oft schöner Torsionstextur gebildet, der im Tessin eine so grosse Verbreitung besitzt. Die Grenze der beiden Gesteine scheint scharf; doch ist sie wegen Bedeckung mit verrutschten Gneisblöcken nicht auf die Nähe zugänglich, so dass

[1]) U. Grubenmann. Der Granatolivinfels des Gordunotales und seine Begleitgesteine. Vierteljahrsschrift der Zürcherischen naturforschenden Gesellschaft 1907 S. 129—156.

nicht konstatiert werden konnte, ob sich auch hier, wie beim Granatolivinfels von Gorduno, eine schmale Kontaktzone am Gneise befindet. Das Liegende des Peridotits ist ein schöner, frischer Amphibolit. Auf ihn folgt derselbe Lagengneis wie im Hangenden. Zwischen dem Peridotit und dem Amphibolit ist eine kaum handbreite Lage eines dunkelbraungrünen, grobblättrigen, etwas lockeren Chloritgesteines eingeschaltet, das gegen den Amphibolit hin ziemlich scharf absetzt, gegen den Peridotit hin allmählich in ein schwarzes Aktinolithgestein übergeht, indem sich der Chlorit mehr und mehr mit Strahlstein untermischt. Dieser schwarze Strahlstein wird noch weiter gegen den Peridotit hin immer heller, fast bis weiss, und die zuerst richtungslose Anordnung seiner Stengel weicht einer zu den Grenzfugen senkrechten Stellung. Der hellgewordene Strahlstein verliert sich allmählich in der Masse des Peridotits, ähnlich wie der Chlorit im dunklen Aktinolithgestein. Die Strahlsteinlage ist etwa doppelt so breit, wie die Chloritlage.

Der Peridotit selbst ist ganz massig. Wall- und turmartig ragen seine Felsen aus dem mit mächtigen Trümmermassen überdeckten Gehänge empor. Seine braunrote Anwitterungsfarbe kontrastiert herrlich mit dem tiefblauen Tessiner Himmel und dem satten Grün der Kastanienbäume, welche zwischen den Blöcken eingeklemmt ihre starke Lebenskraft bewähren. Auf dem frischen Bruch ist der Peridotit grau und anscheinend porphyrisch. Der Gegensatz von „Einsprengling“ und „Grundmasse“ wird dadurch hervorgebracht, dass in dem grauen, etwas körnigen Gesteinsgewebe schmale, zuweilen mehrere cm lange Säulen eines grauweissen, durchscheinenden Amphibols, also wohl Tremolits, richtungslos eingestreut sind. Mit der Lupe kann wahrgenommen werden, dass sich der Tremolit randlich und an seinen Enden oft auflockert und in weiche Asbestfasern übergeht. Eine andere Art scheinbarer Porphyrstruktur kommt an den Anwitterungsflächen und einige dm weit in das Gesteinsinnere hinein vor. Da liegen in der roten oder grauen „Grundmasse“ dicksäulige, lichtgraugrüne Kristalle, deren Längsdurchmesser 5 cm erreicht. Härte und Spaltbarkeit sind die eines Karbonats, die Formen zuweilen anscheinend die vom Augit bevorzugten: (001), (101), (100), (110); man glaubt also Pseudomorphosen von Karbonat nach Augit vor sich zu haben. Vielfach sind die Karbonatkristalle von Tremolitnadeln durchsetzt. Risse und Spalten im Gestein sind gerne von demselbem Karbonat erfüllt.

Der Tremolit gibt ebenfalls Veranlassung zu Pseudomorphosenbildung, indem er in ein silberglänzendes, schuppiges Mineral übergeht, das mit dem Fingernagel ritzbar ist, also zum Talk gehört.

So sind einzelne Blöcke des Trümmerfeldes mit sehr schönen strahligen Aggregaten von Talk erfüllt. Auch in der Pseudogrundmasse des Peridotits treten vereinzelt makroskopisch wahrnehmbare Flecke von Talk und solche von braungrünem Chlorit auf. Ganze Flächen des Gesteins sind von einer weissen, etwa mm dicken Kruste überzogen. Diese löst sich in heisser Salzsäure unter Aufbrausen, ist also wohl Magnesit. Auf Rutschflächen des Peridotits ist oft grüner Serpentin angesiedelt und die Kante eines Felsgesimses wurde mit radial-sphärischen Aggregaten einer braungrauen Hornblende bedeckt gefunden, die zum Anthophyllit gehören dürfte.

Unter den Blöcken des Trümmerfeldes herrscht der Peridotit vor. Daneben erscheinen verschiedene Strahlsteinschiefer z. T. mit kleinen Magnetiteinsprenglingen, grobe, muskovitschieferähnliche und ganz dichte, grossen weissen Seifenbrocken ähnliche Talkschiefer, und endlich mannigfaltige Chloritgesteine. Ein feinschuppiger hellgrüner Chloritschiefer enthält Tremolitporphyroblasten, ein etwas dunklerer Magnetitoktaeder von $^1/_2$ cm Kantenlänge und grobblättrige, bräunliche Chloritgesteine erinnern an Biotitschiefer. Da alle diese Gesteine eng mit dem Peridotit verbunden sind und offenbar in genetischem Zusammenhang mit ihm stehen, wurden auch sie der mikroskopischen und chemischen Prüfung unterworfen.

## I. Der Peridotit.

Die graue „Grundmasse" des Gesteins ist makroskopisch nicht erkennbar. Sie erinnert an Serpentin, doch ist sie deutlich körnig. Unter dem Mikroskop zeigt es sich, dass sie aus ziemlich grossen, sehr lichtgrünen Olivinkörnern besteht, die von einem maschigen Gewebe von Serpentin durchsetzt sind. Dadurch erscheint jedes Olivinkorn in eine Anzahl Teilkörner zerlegt, die aber stets zugleich auslöschen. So verschwindet mikroskopisch die scheinbare Grundmasse und damit die Porphyrstruktur des Gesteines vollständig. Der Serpentin erfüllt die ursprünglich vorhandenen Rissysteme des Olivins und seine Fäsern stehen normal zu den Körnergrenzen. Gegen dieselben hin nimmt die Doppelbrechung der Olivine ab. Der Grad der Serpentinisierung ist ein fleckweise verschiedener; breitere Serpentinadern haben in ihrer Mitte zuweilen ein nur mit stärkerer Vergrösserung wahrnehmbares Karbonatstreifchen. Auch im Zentrum der Kreuzungsstellen des Maschennetzes siedelt sich Karbonat an. Der teilweise serpentinisierte Olivin überwiegt weit alle andern Gesteinskomponenten. Neben ihm treten Pyroxene auf, ebenfalls in grossen Individuen, kurzsäulig, aber in recht schlechtem Erhaltungs-

zustand, denn es liegen nur noch Reste des Minerals in einer feinblättrigen Talkmasse, welche zuweilen die Pyroxenformen nachahmt. Die Pyroxene sind mikroskopisch ebenfalls fast farblos und scheinen von zweierlei Art. Es ist ein schwachdoppelbrechender von gerader Auslöschung und ein stärker doppelbrechender mit grosser Auslöschungsschiefe vorhanden. Ersterer dürfte also Hypersthen sein, letzterer ist ein monokliner Pyroxen, dessen genauere Bestimmung bei der geringen Zahl der aufgefundenen formlosen Reste nicht gelang. Merkwürdig ist es, dass im Peridotit von Loderio der sonst unstabilere Olivin besser erhalten ist, als die beständigeren Augite, wobei ersterer fast durchgehends zu Serpentin wird, letztere aber in Talk übergehen.

Der Tremolit erscheint in langen spiessigen Nadeln, fast stets unter Entwicklung der Prismenflächen. Er durchsetzt oft mehrere Olivinkörner, mit welchen er die gleiche hohe Doppelbrechung gemeinsam hat. Seine Auslöschungsschiefe beträgt auf dem seitlichen Pinakoid c : c 16—18°. Mit seiner Umbildung zu Asbest ist eine sehr deutliche Abnahme der Doppelbrechung verbunden. Wirre Asbestaggregate ohne Tremolitkerne kommen gelegentlich im Gesteinsgewebe vor.

Olivin und Augit lassen sich schon a priori als die ursprünglichen Komponenten des Gesteins vermuten und geben sich auch im Gesteinsbilde zweifellos als solche zu erkennen. Auffallend aber ist es, dass der Tremolit, deswegen, weil er selbst die frischesten Olivine durchdringt, nicht nur als primärer Gemengteil des Peridotits, sondern als dessen ältestes Ausscheidungsprodukt angesehen werden muss.

Primärer Tremolit wird indessen auch von F. Becke[1]) konstatiert im Olivinfels vom Latzenhof bei Felling und im Olivinserpentin vom Klopfberg, beides Lokalitäten des niederöstreichischen Waldviertels. Neuerdings fand auch A. P. Young[2]) Tremolit im Serpentin vom Tarntal bei Sterzing. Er nimmt für denselben sekundäre Entstehung an und zwar Umwandlung aus Pyroxen, gleich nach der Gesteinsverfestigung, lange vor der Bildung der übrigen Sekundärprodukte. Für den Tremolit im Peridotit von Loderio dürfte dies nicht zutreffen, denn seine Querschnitte bilden ganz regelmässige Rhomben mit dem charakteristischen Hornblendewinkel von 124°, so dass keine Pseudomorphosen nach Pyroxen vorliegen können.

---

[1]) F. Becke, die Gneisformation des niederöstreichischen Waldviertels. Tschermaks Mineralog. Mitt. IV. 1884. p. 338 und 342.

[2]) A. P. Young, On the Serpentine rock from the mass of the Tarntaler Köpfe, Tirol. Min. Mag. London 1907. 14. No. 67.

Sekundäre Mineralien des Peridotits sind neben Serpentin und Asbest: Talk, Chlorit und Magnetit und die nur in den Randzonen auftretenden grossen Karbonatkristalle. Der Talk geht, wie auch das mikroskopische Bild deutlich zeigt, aus den Pyroxenen und dem Tremolit hervor. Chlorit und Magnetit sind weniger an eine bestimmte Komponente gebunden. Der Chlorit findet sich gelegentlich in fleckigen Aggregaten; er ist fast farblos, mit Polarisationsfarben, die weit unter denen des Quarzes zurückbleiben. Sein optischer Charakter ist positiv; c scheint senkrecht auf (001) zu stehen, der optische Axenwinkel ist fast 0. Danach muss der Chlorit zum Pennin gehören. Die sekundäre Natur des Magnetits ergibt sich daraus, dass er in Reihen oft zierlicher Oktaeder stets den Serpentinadern und Talkfeldern folgt, also bei der Umwandlung der Olivine und Pyroxene in die wasserhaltigen Magnesiumsilikate ausgeschieden worden ist. Das Karbonat hat wenig Spaltrisse und bildet keine Zwillinge nach (0112). Sein Relief scheint etwas stärker, als das von Kalzit und Dolomit. In manchen Stücken sind Karbonatkristalle so zahlreich vorhanden und nehmen so viel Raum ein, dass sich kaum die immerhin nur spärlich vorkommenden Pyroxene allein karbonatisiert haben können, wie es nach den vereinzelt vorhandenen Pseudomorphosen von Karbonat nach Augit den Anschein hat. Vielmehr müssen wohl auch die Olivine und selbst die sekundären Magnesiumsilikate schliesslich in Karbonat übergehen. Sehr haltbar ist der Tremolit, denn seine Nadeln liegen vielfach ganz frisch in den Karbonatkristallen und nicht einmal die Asbestbildung ist weiter fortgeschritten, als bei den in den Olivinen eingeschlossenen Tremoliten.

Die Natur des Karbonates wurde durch eine chemische Analyse klargelegt. Nachdem mittels Lupe und Pincette im zerkleinerten Material eine genügende Anzahl guter Spaltstücke ausgesucht worden war, wurden diese pulverisiert und in heisser Salzsäure gelöst. Der unlösliche Rückstand von 4,32 % erwies sich unter dem Mikroskop als Tremolit und Byssolith. Die weitere Analyse des Gelösten ergab:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Fe O | 6,53 | $FeCO_3$ | 10,45 |
| Ca O | 1,38 | $CaCO_3$ | 2,45 |
| Mg O | 43,10 | $MgCO_3$ | 87,41 |
| Mn O | Sp. | $MnCO_3$ | Sp. |
| $CO_2$ | 49,30 | | |
| Sa | 100,31 | Sa | 100,31 |

Das Verhältnis von $MgCO_3 : FeCO_3 : CaCO_3$ ist also annähernd 41,5 : 3,7 : 1, das Karbonat ist Magnesit. Sein spez. Gew. ist 3,02.

Die Struktur des Peridotits ist die normale eines Tiefengesteins, so weit sie nicht durch die Neubildungen verwischt worden ist und einem verworrenen Ineinandergreifen der blätterigen und faserigen,

wasserhaltigen Silikate Platz gemacht hat. Kataklase ist nur schwach vorhanden: Olivine und Augite haben wandernde Schatten, Talk und Chloritblätter sind stellenweise verbogen.

Das Material für die chemische Analyse des Peridotits wurde von einem herausgesprengten Block genommen, welchen Herr G. Pini von Biasca der petrographischen Sammlung des Polytechnikums geschenkt hatte [1]). Es war noch ganz karbonatfrei und von möglichster Frische. Der Glühverlust von nahezu 7 % kann als Mass für die Hydratisierung der primären Magnesiumsilikate gelten. Die Resultate der Analyse sind die folgenden:

| | Analyse | Mol. Prop. | Mol. % | Werte nach Osann |
|---|---|---|---|---|
| $SiO_2$ | 40,77 | 73,1 | 37,5 | s = 37,5 |
| $TiO_2$ | Sp. | — | — | A = 0,0 |
| $Al_2O_3$ | 2,13 | 2,1 | 1,1 | C = 0,7 |
| $Cr_2O_3$ | 0,66 | 0,5 | 0,3 | F = 61,1 |
| $Fe_2O_3$ | 4,03 | 2,7 | 1,4 | m = 10 |
| FeO | 4,48 | 6,7 | 3,4 | n = — |
| MnO | — | — | — | k = 0,6 |
| CaO | 0,71 | 1,4 | 0,7 | |
| MgO | 40,38 | 108,6 | 55,6 | $s_{37,5}\ a_0\ c_0\ f_{20}$ |
| $H_2O$ unter 110° | 0,11 | — | — | |
| Glühverlust | 6,96 | — | - | |
| | Sa : 100,23 | 195,1 | 100,0 | |

s = 2,98

Die chemische Zusammensetzung des Gesteins ist die normalperidotische. Dies geht besonders aus den Osann'schen Werten hervor. Sie sind denen des Peridotits der Dun Mountains sehr ähnlich, jenes Gesteins, das als Dunit den intrusiven Olivinfelsen seinen Namen gegeben hat. Die Typenformeln beider Peridotite sind abgesehen von dem etwas grösseren Werte für s beim Gestein von Loderio identisch. Dieser ist seinem Pyroxengehalt zuzuschreiben.

Die Berechnung der Analyse nach der neuen amerikanischen Art der „Quantitative classification of igneous rocks" führte zu folgendem Ergebnis:

| | Mol. Prop. | Anorthit | Corund | Magnetit | Chromit | Hypersthen | Olivin |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $SiO_2$ | 680 | 26 | — | — | — | 265 | 389 |
| $Al_2O_3$ | 21 | 13 | 8 | — | — | — | — |
| $Cr_2O_3$ | 5 | — | — | — | 5 | — | — |
| $Fe_2O_3$ | 25 | — | — | 25 | — | — | — |
| FeO | 63 | — | — | 25 | 5 | 13 | 20 |
| CaO | 13 | 13 | — | — | — | — | — |
| MgO | 1010 | — | — | — | — | 252 | 758 |

[1]) Der Peridotit wurde in geringem Umfang von genanntem Herrn ausgebeutet. Die Säulen im Vestibül des Hotel Schweizerhof in Pontresina z. B. sind aus diesem Material hergestellt.

Gleichung für die Verteilung von $SiO_2$ und $MgO + FeO$ auf Olivin und Hypersthen:

$$x + y/_2 = 654\ (SiO_2)$$
$$x + y = 1030\ (MgO, FeO)$$
$$y = 756,\ x = 274.$$

Norm:

| Sal. | | | Fem. | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Anorthit | $13 \cdot 278 = 3{,}61$ | 4,43 | Magnetit | $25 \cdot 232 = 5{,}80$ | 88,94 |
| Corund | $8 \cdot 102 = 0{,}82$ | | Chromit | $5 \cdot 224 = 1{,}12$ | |
| | | | Hypersthen | $\begin{Bmatrix}152 \cdot 100\\13 \cdot 132\end{Bmatrix} = 26{,}92$ | |
| | | | Olivin | $\begin{Bmatrix}758 \cdot 70\\20 \cdot 102\end{Bmatrix} = 55{,}10$ | |

Glühverlust 6,96.

| Class | Order | Sektion |
|---|---|---|
| $\frac{Sal}{Fem} = \frac{4{,}43}{88{,}94} < \frac{1}{7}$ | $\frac{PO}{M} = \frac{82{,}02}{6{,}92} > \frac{7}{1}$ | $\frac{P}{O} = \frac{26{,}92}{55{,}10} < \frac{3}{5} > \frac{1}{7}$ |
| Perfemane | Maorare | Gorduniare |

| Rang | Subrang |
|---|---|
| $\frac{CaO + MgO + FeO}{Na_2O} = \frac{1086}{0} > \frac{7}{1}$ | $\frac{MgO}{FeO} = \frac{1010}{63} > \frac{7}{1}$ |
| Gordunase | Gordunose |

Für Sektion, Rang und Subrang fehlen in den Tabellen der „Quantitative classification" die Bezeichnungen, weil den Autoren kein in jene Rubriken gehöriges Gestein bekannt war. Die Lücke ist unterdessen durch U. Grubemann (l. c.) ausgefüllt worden mit dem Peridotit von Gorduno. Mit den für ihn nach amerikanischer Weise berechneten Werten stimmen die des Peridotits von Loderio überein, fallen daher unter die von dem genannten Autor gewählten Bezeichnungen. Diese Übereinstimmung der zwei benachbarten Tessiner Peridotite ist vielleicht ein Hinweis darauf, dass beide aus demselben Magmabassin entsprungen sind.

## 2. Die Talkschiefer.

Talkschiefer sind nicht anstehend, sondern nur im Blockmeer gefunden worden und zwar in mehreren Abänderungen. Am häufigsten ist ein grauweisser, grober Talkschiefer mit gut individualisierten Blättern. Daneben erscheint ein dichter, ebenfalls weisslicher, der makroskopisch nur an seiner Weichheit und dem seifigen Anfühlen erkennbar wird. Dieser ist sichtlich ein Verwitterungsprodukt des Peridotits, der öfter den Kern seiner Blöcke bildet. Der dichte Talkschiefer besitzt fleckenweise grössere Porphyroblasten von Chlorit. Eine sehr schöne und seltenere Abänderung ist ein mittelblätteriger

hellgrüner Talkschiefer, der von fächerförmigen Tremolitbüscheln durchsetzt ist, die wohl die Hälfte seiner Masse einnehmen. Er ist fast massig, und auch die beiden andern Varietäten zeigen keine so deutliche Schieferung, wie sie in der Regel bei Talkschiefern gefunden wird.

Optisch und chemisch untersucht wurde nur der dichte Talkschiefer. Das Mikroskop zeigt ein filziges Gewirr feinster Talkblättchen und Fasern, leicht an der hohen Polarisationsfarbe und dem negativen Charakter des Minerals erkennbar. Vereinzelte grössere Talkblätter sind stark verbogen. Das Talkgewebe ist mit kleinen Tremolitsäulchen untermischt, die in Form und optischem Verhalten dem Tremolit des Peridotits gleichen. Sehr viele von ihnen zeigen von den Enden aus beginnende Umwandlung in Talk. Magnetit in unregelmässigen Körnern ist häufig.

Die Analyse des Talkschiefers ergab folgende Resultate:

| | Analyse | Mol.-Prop. | Mol. % | Werte nach Osann-Grubenmann |
|---|---|---|---|---|
| $SiO_2$ | 58,28 | 97,1 | 53,5 | |
| $TiO_2$ | Sp. | — | — | s = 53,5 |
| $Al_2O_3$ | 0,06 | 0,1 | 0,2 | A = 0,0 |
| $C_2O_3$ | 0,32 | 0,2 | | C = 0,2 |
| $Fe_2O_3$ | 2,85 | 1,8 | 1,0 | F = 46,1 |
| FeO | 3,42 | 4,8 | 2,6 | M = 1,5 |
| MnO | — | — | — | T = 0,0 |
| CaO | 1,66 | 3,0 | 1,7 | K = 1,2 |
| MgO | 29,74 | 74,4 | 41,0 | $s_{53,5}\ a_0\ c_0\ f_{20}$ |
| $H_2O$ unter 110° | 0,05 | | | |
| Glühverlust | 4,30 | | | |
| | Sa, 100,68 | 181,4 | 100,0 | |

s = 2,80.

Die Berechnung des Mengenverhältnisses der im Gestein vorhandenen Komponenten aus der Analyse ergibt:

2 $Fe_3O_4$
3 $CaMg_3Si_4O_{12}$ also Magnetit : Tremolit : Talk = 1 : 1,5 : 11.
22 $H_2(Mg, Fe_3)Si_4O_{12}$

Betrachtet man an Hand der chemischen Analysen beider Gesteine die Veränderungen, welche bei der Umwandlung des Peridotits in den Talkschiefer stattgefunden haben, so fällt zunächst die starke Anreicherung an $SiO_2$ (18%) in letzterem Gestein auf, die ja für den Übergang des Orthosilikats Olivin in das Metasilikat Talk notwendig ist.[1]) Auch die Talkisierung des Pyroxens setzt eine geringere Kieselsäurevermehrung voraus.[2]) Dieses Plus an $SiO_2$ kann

[1]) $3\,Mg_2SiO_4 + 2\,H_2O + 5\,SiO_2 = 2\,H_2Mg_3Si_4O_{12}$.
[2]) $3\,MgSiO_3 + H_2O + SiO_2 = H_2Mg_3Si_4O_{12}$.

dem zugeschrieben werden, dass bei der Umwandlung der wasserfreien Silikate in das wasserhaltige Mg O und Fe O austreten und anderweitig benützt oder fortgeführt werden. In der Tat zeigt die Talkanalyse einen bedeutend geringeren Mg O-Gehalt und auch das Eisen hat nicht unbeträchtlich abgenommen. Überall in den sekundären Gesteinen sind auch wirklich Neubildungen von Magnetit vorhanden, der sichtlich der Oxydation des bei der Talkisierung und Serpentinisierung der Olivine und Pyroxene entbundenen Eisenoxyduls seine Entstehung verdankt, und das die Risse und Spalten des Peridotits erfüllende Magnesiumkarbonat stammt gewiss von der Karbonatisierung des Magnesiumsilikates. Die folgenden Gleichungen geben das Schema dieser Vorgänge:

1. $12\,(Mg, Fe)_2\,Si\,O_4 + 3\,H_2\,O + 5\,O = 3\,H_2\,Mg_3\,Si_4\,O_{12} + 5\,Fe_3\,O_4$
2. $12\,(Mg, Fe)\,Si\,O_3 + 3\,H_2\,O + O = 3\,H_2\,Mg_3\,Si_4\,O_{12} + Fe_3\,O_4$
3. $4\,Mg_2\,Si\,O_4 + H_2\,O + 5\,CO_2 = H_2\,Mg_3\,Si_4\,O_{12} + 5\,Mg\,CO_3$
4. $4\,Mg\,Si\,O_3 + H_2\,O + CO_2 = H_2\,Mg_3\,Si_4\,O_{12} + Mg\,CO_3$

Neben der relativen Anreicherung an $Si\,O_2$ durch die Wegführung anderer Oxyde kann auch an eine direkte Zufuhr von Kieselsäure gedacht werden, welche die hangenden sauren Gneise geliefert haben könnten (siehe die Gleichungen pag. 251); denn dass bei der Bildung der sekundären Gesteine aus dem Peridotit der chemische Bestand des Ausgangsgesteins nicht einfach erhalten blieb, auch wenn von dem Hydratisierungs- und Karbonatisierungsprozess abgesehen wird, sondern dass in einem gewissen Umfang mit Stoffwanderungen verbundene Stoffkonzentration und Stoffaustausch stattgefunden haben müsse, geht nicht nur aus der chemischen Natur des Talkschiefers, sondern auch aus der der übrigen sekundären Gesteine hervor.

### 3. Die Chloritgesteine.

Ausser dem zwischen dem Peridotit und dem liegenden Amphibolit eingeschalteten braungrünen, grobblättrigen Chloritgestein wurden Gesteine, welche wesentlich nur aus Chlorit bestehen, bloss unter den Blöcken des Trümmerfeldes gefunden. Darunter war ein deutlicher Schiefer, hellgrün, feinschuppig, mit vielen Tremolit- und dunklen Chloritporphyroblasten. Ein massiges Chloritgestein zeigte bei vollkommen verändertem Mineralbestand noch deutlich die Struktur des Peridotits. Die Pseudogrundmasse war hier graugrüner, feiner Chlorit; in sie waren eingesprengt grosse Magnetitoktaeder und grobe, braungrüne, zu stumpfen Säulen aggregierte Chloritblätter.

Der Chlorit der oben angeführten Zwischenlage, dem auch die Chloritporphyroblasten der beiden andern Gesteine gleichen, wurde in einzelnen Blättern optisch untersucht. Er ist, wie der im Peridotit

selbst vorkommende Chlorit, mikroskopisch sehr lichtgrün und ohne merklichen Pleochroismus. Der optische Axenwinkel öffnet sich kaum, der optische Charakter ist positiv; also liegt Pennin vor. Zu eben derselben Annahme führt auch die chemische Analyse der sorgfältig isolierten Blätter:

| | Analyse | Mol.-Prop. | Mol. % |
|---|---|---|---|
| $SiO_2$ | 31,12 | 51,5 | 23,0 |
| $TiO_2$ | 0,60 | 0,8 | 0,4 |
| $Al_2O_3$ | 14,54 | 14,2 | 6,3 |
| $Cr_2O_3$ | Sp. | — | — |
| $Fe_2O_3$ | 3,35 | 2,1 | 0,9 |
| $FeO$ | 3,41 | 4,7 | 2,1 |
| $MnO$ | Sp. | — | — |
| $CaO$ | 1,58 | 2,8 | 1,3 |
| $MgO$ | 32,26 | 77,9 | 34,8 |
| $H_2O$ unter 110° | 1,35 | | |
| Glühverlust | 12,60 | 70,0 | 31,2 |
| | Sa. 100,81 | 224,0 | 100,0 |

Aus der Analyse berechnet:
33 $H_4(Mg, Fe, Ca)_2(Al, Fe)_2SiO_9$ = At
37 $H_4(Mg, Fe, Ca)_3Si_2O_9$ = Sp.

s = 2,652.

Das Verhältnis von Amesit zu Serpentin ist 33 : 37, also etwas kleiner als 1 : 1. Der Pennin nähert sich demnach stark dem Klinochlor. — Der hellgrüne feinschuppige Chloritschiefer zeigt unter dem Mikroskop als Bestandmineralien Chlorit, Talk, Tremolit und Magnetit. Der Chlorit ist fast farblos und etwas stärker doppelbrechend, als der grobblätterige, dunkle Chlorit der Zwischenlage. Sein optischer Charakter ist ebenfalls positiv, die Auslöschung parallel den Spaltrissen und c : c ist gerade. Nur ganz selten wurde eine kaum merkliche Auslöschungsschiefe festgestellt. Die kleineren Chloritschuppen bilden das Grundgewebe, einige grössere Blätter derselben Art treten einsprenglingsartig hervor. Diese bilden eigentümliche Parallelverwachsungen mit Talk und zwar so, dass Spaltblättchen von Talk mit solchen von Chlorit alternieren, oder so, dass dieselbe Lamelle zur Hälfte Talk, zur Hälfte Chlorit ist. Beim Einschieben des Rotes I. Ordnung parallel der Spaltbarkeit sinkt dann sehr deutlich die Farbe des stark doppelbrechenden Talkes, während die des grauen Chlorites steigt. Ganz vereinzelt sind solche Blätter bloss Talk, mit einem schmalen Rande von Chlorit. Diese Erscheinung lässt das Hervorgehen des letzteren aus dem ersteren vermuten. Der Tremolit gleicht dem der früher beschriebenen Gesteine. Asbestbildung fehlt, dagegen wurde Umwandlung in Talk vielfach beobachtet. Der spärliche, unregelmässig im Gestein verteilte Magnetit hat meist Oktaederform. Die Struktur des Chloritschiefers ist undeutlich porphyroblastisch, weil der Gegensatz zwischen „Grundgewebe“ und „Einsprengling“ nicht sehr ausgesprochen ist. Mechanische Einwirkungen sind nur

an den grösseren Talk- und Chloritblättern vorhanden, welche in der Regel stark verbogen, oft auch zerrissen sind.

Die Analyse des hellen Chloritschiefers ergab folgende Resultate:

| Analyse | | Mol.-Prop. | Mol. % | Werte nach Osann-Grubenmann |
|---|---|---|---|---|
| $SiO_2$ | 35,91 | 59,85 | 36,6 | |
| $TiO_2$ | 0,42 | 0,53 | 0,3 | s = 36,9 |
| $Al_2O_3$ | 12,74 | 12,49 | 7,7 | A = 0,0 |
| $Cr_2O_3$ | 0,11 | 0,07 | — | C = 3,9 |
| $Fe_2O_3$ | 2,09 | 1,31 | 0,8 | F = 51,5 |
| FeO | 3,31 | 4,60 | 2,8 | M = 0,0 |
| MnO | — | — | — | T = 3,8 |
| CaO | 3,58 | 6,39 | 3,9 | K = 0,6 |
| MgO | 31,63 | 78,40 | 47,9 | $s_{37}\ a_0\ c_1\ f_{19}$ |
| $H_2O$ unter 110° | 0,10 | | | |
| Glühverlust | 10,51 | 58,37 | | |
| | Sa. 100,40 | 222,01 | 100,0 | |

s = 2,70.

Berechnet man die Minimalkomponenten des Gesteins aus der Analyse, so erhält man:

3 $Fe_3O_4$ Magnetit.
4 $H_2Mg_3Si_4O_{12}$ Talk.
136 $H_4(Mg, Fe)_3Al_2SiO_9$ At
156 $H_4(Mg, Fe)_3Si_2O_9$ Sp } Chlorit.
36 $CaMg_3Si_4O_{12}$ Tremolit.

Das Verhältnis der Amesitmoleküle zu den Serpentinmolekülen ist annähernd 5 : 6; der hellere Chlorit gehört also, wie auch die optischen Merkmale gezeigt haben, ebenfalls zum Pennin. Die Analysenzahlen und die aus ihnen berechneten Werte beweisen, dass bei der Umwandlung des Peridotits in den Chloritschiefer noch bedeutendere Stoffverschiebungen stattgefunden haben müssen, als bei der Entstehung des Talkschiefers. Eine Abnahme der Kieselsäure ist hier begleitet von einem starken Zuwachs an Tonerde und Kalkerde. Letzterer könnte einer lokalen Anreicherung an Tremolit im ursprünglichen Gestein zugeschrieben werden, die Tonerde hingegen ist entweder von aussen, vom Gneise her, zugeführt worden, oder aber es hat der geringe $Al_2O_3$-Gehalt des Peridotits, nachdem er in irgend einer Form in Lösung gegangen war, an Stellen günstiger Verhältnisse zur Chloritbildung geführt. Dass solche Lösungen vorhanden waren, zeigt die Chloritlage zwischen Peridotit und Amphibolit. Sie hat deutlich den Charakter einer Kluftausfüllung.

### 4. Die Strahlsteinschiefer.

Der makroskopische Habitus der an die eben erwähnte Chloritlage angrenzenden schwarzen Strahlsteinlage, welche gegen den

Peridotit hin in fast weissen parallel faserigen Tremolit übergeht, wurde schon eingangs beschrieben (pag. 245). Unter den Blöcken treten daneben noch zweierlei Strahlsteinschiefer auf, ein feiner, lichtgrüner, mit kleinen Magnetitprophyorblasten in grosser Zahl, und ein gröberer, smaragdgrüner, mit viel eingesprengtem Pennin. Die Schieferung, welche bei der erstgenannten Zwischenlage ganz fehlt, ist auch bei den beiden letzteren Gesteinen nicht sehr ausgesprochen.

Der Dünnschliff des schwarzen Aktinolithgesteins zeigt Strahlstein allein in gut entwickelten Prismen und richtungsloser Anordnung. Seine Farbe ist hellgrün mit deutlichem Trichroismus: c blaugrün, b grün, a gelblich. Die Auslöschungsschiefe c : c auf (010) beträgt 19°, die Doppelbrechung ist hoch. Die chemische Analyse des schwarzen Strahlsteins ergab:

| | Analyse | Mol.-Prop. | Mol. % |
|---|---|---|---|
| $SiO_2$ | 46,48 | 77,5 | 47,6 |
| $TiO_2$ | 0,33 | 0,4 | 0,2 |
| $Al_2O_3$ | 8,29 | 8,1 | 5,1 |
| $Cr_2C_3$ | 0,24 | 0,2 | |
| $Fe_2O_3$ | 3,94 | 2,5 | 1,5 |
| FeO | 8,00 | 11,1 | 6,8 |
| MnO | Sp. | — | — |
| CaO | 11,21 | 20,0 | 12,3 |
| MgO | 16,52 | 40,9 | 25,0 |
| $K_2O$ | 0,85 | 0,9 | 0,6 |
| $Na_2O$ | 1,17 | 1,8 | 1,2 |
| $H_2O$ unter 110° | 0,25 | | |
| Glühverlust | 2,34 | | |
| | Sa. 99,62 | 162,9 | 100,0 |

$s = 3{,}11$

Art und Zahl der aus der Analyse berechneten Amphibolmoleküle des schwarzen Strahlsteins sind die folgenden:

$$3\ (Na, K)_2\ Al_2\ Si_4\ O_{12}$$
$$4\ (Ca, Mg)_2\ (Al, Fe\ Cr)_4\ Si_2\ O_{12}$$
$$16\ Ca\ (Mg, Fe)_3\ (Si, Ti)_4\ O_{12}$$

Das Verhältnis von Strahlsteinmolekül zum Tschermak'schen Molekül ist 4 : 1. Dazu kommt noch eine nicht unbedeutende Beimengung von Glaukophanmolekül, so dass beim schwarzen Aktinolith einige Annäherung an gewöhnliche Hornblende besteht.

Der helle, fast dichte Strahlsteinschiefer zeigt unter dem Mikroskop ein Gewirr feinster, farbloser Aktinolithnadeln, das sehr an Nephrit erinnert. Die einzelnen Stengelchen haben meist weder kristallographische Seiten, noch Endbegrenzung, und nur wenige Spaltrisse. Die Doppelbrechung des hellen Strahlsteins ist von der des dunklen nicht ver-

schieden; die Auslöschungsschiefe auf (010) beträgt 15°. Der eingesprengte Magnetit besitzt teils Oktaederform, teils ist er zackig begrenzt.

Die chemische Analyse des hellen Strahlsteinschiefers ergab:

| | Analyse | Mol.-Prop. | Mol. % | Werte nach Osann-Grubenmann |
|---|---|---|---|---|
| $SiO_2$ | 50,32 | 83,3 | 48,3 | |
| $TiO_2$ | 0,15 | 0,2 | 0,1 | s = 48,5 |
| $Al_2O_3$ | 1,86 | 1,8 | 1,0 | A = 0,0 |
| $Cr_2O_3$ | 0,43 | 0,3 | 0,2 | C = 1,3 |
| $Fe_2O_3$ | 5,55 | 3,5 | 1,9 | F = 49,1 |
| FeO | 3,50 | 4,6 | 2,6 | M = 9,1 |
| MnO | Sp. | — | — | T = 0,0 |
| CaO | 10,15 | 18,2 | 10,4 | K = 0,9 |
| MgO | 24,78 | 61,4 | 35,5 | |
| $H_2O$ unter 110° | 0,14 | | | $s_{48,5}\ a_0\ c_{0,5}\ f_{19,5}$ |
| Glühverlust | 3,34 | | | |
| | Sa. 100,22 | 172,5 | 100,0 | |

s = 3,02.

Aus der Analyse berechneter Mineralbestand:

30 $Fe_3O_4$ Magnetit
182 $Ca, Mg_3Si_4O_{12}$
14 $(Mg, Fe)_4Si_4O_{12}$
13 $(Mg, Fe)_2(Al\ Fe\ Cr)_4Si_2O_{12}$

Der helle Strahlstein ist alkalifrei und das Verhältnis der Strahlsteinmoleküle zum Tschermak'schen Molekül ist ungefähr wie 13 : 1; die Beimischung an gewöhnlicher Hornblende also eine viel geringere als beim schwarzen Strahlstein. Die dunklere Färbung des letzteren ist ohne Zweifel seinem bedeutend höheren Gehalt an FeO zuzuschreiben. Alles vorhandene Eisen fand bei ihm im Mineral selbst Verwendung, während es beim helleren Strahlsteinschiefer zum grossen Teil zur Magnetitbildung verbraucht wurde.

Das Hervorgehen der Aktinolithgesteine aus dem Peridotit setzt ebenfalls beträchtliche Stoffverschiebungen und Stoffkonzentrationen voraus: Anreicherung an $SiO_2$, CaO, und für das dunkle Gestein an $Al_2O_3$ und FeO, dazu Abnahme von MgO. Die schwarze Strahlsteinlage grenzt an die Chloritlage zwischen Peridotit und Amphibolit und teilt mit ihr die Zunahme an Tonerde und den Charakter einer Kluftausfüllung. Durch den allmählicken Übergang des dunklen Aktinoliths in hellen, der aus dem Peridotit herauszuwachsen scheint, geht sichtlich hervor, dass wirklich Stoffzufuhr vom Peridotit her stattgefunden hat. Man kann annehmen, dass der bei der Talkisierung des Tremolits und monoklinen Pyroxens freiwerdende Kalk durch die zirkulierenden Lösungen zu jener Kluft geführt wurde und Veranlassung zu Strahlsteinbildung gegeben hat.

Immerhin bleibt der chemische Charakter aller sekundären Gesteine noch so sehr mit dem Chemismus des Peridotits verwandt, dass alle in die fünfte Gruppe der kristallinen Schiefer, die Magnesiumsilikatgruppe, fallen, welche hauptsächlich Derivate ultrabasischer Massengesteine umfasst.[1]) Die Typenformen stimmen sogar durchgehends mit peridotitischen überein. Die wasserhaltigen Magnesiumsilikate und der Strahlstein sind charakteristisch für eine Metamorphose in der obersten Zone der Erdrinde, so dass alle bis jetzt beschriebenen Begleitgesteine des Peridots in die dritte Ordnung ihrer Gruppe einzureihen sind. Sie sind zugleich ein interessantes Beispiel dafür, dass für die oberste Zone, in welcher sich Spalten und Brüche längere Zeit offen erhalten und die Zirkulation der gelösten Stoffe eine rasche und leichte ist, die Erhaltung der Substanz des Ausgangsgesteins bei der Metamorphose keine absolute ist, und dies um so weniger, je mehr sich die Umwandlungsprozesse den Vorgängen der Verwitterung nähern.

## 5. Der Epidotamphibolit.

Der im Liegenden sich an den Peridotit anschliessende Amphibolit ist ein annähernd massiges, schwarzes, feinkörniges Gestein, dessen Mächtigkeit sich wegen der Rasenbedeckung seines Liegenden nicht angeben lässt. Da indessen sehr bald wieder weisse Gneise vereinzelt aus der Vegetationsdecke hervorblicken, dürfte der Amphibolit kaum mächtiger als 20 m sein. Makroskopisch lässt sich an ihm nur schwarze Hornblende erkennen. Unter dem Mikroskop zeigt es sich, dass neben Hornblende reichlich Epidot und Titanit und etwas Magnetit vorhanden ist. Die Hornblende ist tief grün, mit einem Stich ins Blaue bei den Schwingungen parallel c und stark gelblich nach a. Die Absorption ist $c = b > a$, die Doppelbrechung weit schwächer als bei den Strahlsteinen; die Auslöschungsschiefe c : c auf (010) beträgt 21°. Ihre Form ist stumpfprismatisch, ihre Anordnung nicht undeutlich parallel. Der fast farblose Epidot bildet kleine, etwas ovale Körner, die, zu Häufchen aggregiert, die Lücken zwischen den Amphibolen erfüllen, in welchen er, ebenso wie der Titanit, auch als Einschluss auftritt. Spuren davon, dass er aus Feldspath hervorgegangen sein könnte, wie sie sich so oft in Epidotamphiboliten finden, sind nicht vorhanden. Vielmehr wird der Eindruck erweckt, dass der Epidot ein der Hornblende gleichalteriger Gemengteil ist. Das ganze Gestein ist von grösster Frische. Der Titanit tritt teils idioblastisch auf in getreidekornähnlichen Individuen,

[1]) U. Grubenmann, Kristalline Schiefer. II. Spezieller Teil, Seite 102 u. w.

teils umgibt er kranzförmig die unregelmässig gestalteten Erzkörner, die demnach Titanomagnetit darstellen dürften.

Die chemische Zusammensetzung des Epidotamphibolits ist die folgende:

| | Analyse | Mol.-Prop. | Mol. % | Werte nach Osann-Grubenmann |
|---|---|---|---|---|
| $SiO_2$ | 38,03 | 63,36 | 42,00 | |
| $TiO_2$ | 2,38 | 2,98 | 1,98 | s = 44,0 |
| $Al_2O_3$ | 17,65 | 17.30 | 11,47 | A = 2,2 |
| $Cr_2O_3$ | Sp. | — | — | C = 9,3 |
| $Fe_2O_3$ | 5,91 | 3,69 | 2,44 | F = 45,8 |
| FeO | 7,72 | 10,72 | 7,12 | M = 7,8 |
| MnO | 0,05 | 0,07 | 0,04 | T = 0,0 |
| CaO | 14,52 | 25,93 | 17,12 | K = 0,6 |
| MgO | 9,40 | 23,50 | 15,60 | |
| $K_2O$ | 0,92 | 0,98 | 0,66 | $s_{44}\ a_1\ c_3\ f_{16}$ |
| $Na_2O$ | 1,46 | 2,36 | 1,57 | |
| $H_2O$ unter 110° | 0,23 | | | |
| Glühverlust | 1,34 | | | |
| | Sa. 99,61 | 150,89 | 100,00 | |

s = 3,26.

Das Verhältnis des Epidotamphibolits zum Peridotit und seine Ableitung von einem diesem verwandten Massengestein ist nicht unmittelbar klar. Die Umwandlungsprodukte des Peridotits selbst tragen noch Relikte ihrer Herkunft oder sind doch in einer solchen Weise mit dem Ursprungsgestein verknüpft, dass ihr genetischer Zusammenhang mit ihm keinem Zweifel unterliegt. Der Amphibolit tritt selbständig auf; er ist vom Peridotit durch die mehrfach erwähnte Zwischenlage getrennt und zeigt weder Relikte, noch Übergänge. In den meisten Fällen wird für die Amphibolite ein Gestein der Gabbrofamilie als Ursprungsgestein angenommen, mit deren Chemismus der ihrige dann stets übereinstimmt. Beim Epidotamphibolit von Loderio ist dies nicht vollkommen der Fall, indem sein Kieselsäuregehalt geringer ist, als derjenige der Gabbrogesteine, bei welchen er um 45° schwankt. Auch in keiner der vielen in der Literatur vorhandenen Amphibolitanalysen ist der Wert für $SiO_2$ ein so geringer. Die übrigen Analysenzahlen und die Verhältnisse der Oxyde unter einander sind durchaus gabbroähnlich. Die Typenformel und die Klassifikationswerte verweisen das Gestein in die vierte Gruppe unter den kristallinen Schiefern (Eklogite und Amphibolite), der Mineralbestand in die dritte Ordnung dieser Gruppe (Gesteine der obersten Zone). Darnach bleibt es immerhin am wahrscheinlichsten, dass ein mit dem Peridotit verbundenes Gabbrogestein in den Epidotamphibolit umgewandelt wurde, sei es, dass dasselbe ursprünglich abnorm kieselsäurearm war, sei es, dass während der

Metamorphose ein Teil des $SiO_2$ fortgeführt würde. Eine ungelöste Frage bleibt es trotzdem, warum der sehr instabile Peridotit verhältnismässig gut erhalten blieb, während vom ursprünglichen Gabbro auch die letzte Spur verschwand [1]).

## Schlussbetrachtung.

Das kleine Vorkommnis basischer Gesteine, welches bei Loderio dem Tessiner Gneis eingelagert ist, trägt die Spuren zweier Perioden seiner Entstehungsgeschichte. Die erste Periode ist eine magmatische; sie umfasst die Intrusion des basischen Magmas und wahrscheinlich seine Spaltung in einen peridotitischen und einen gabbroiden Zweig. Die zweite Periode ist die der Metamorphose beider Spaltungsprodukte. Die ursprüngliche Beschaffenheit des Peridotit ist noch leicht aus dem wenig veränderten Hauptgestein herauszulesen. Es war ein grobkörniger, pyroxenführender Olivinfels, bei welchem nur das Vorhandensein von primärem Tremolit ungewöhnlich ist. Die Rekonstruktion des gabbroiden Zweiges ist nicht mehr möglich, da im zugänglichen Material keine Spur des primären Gesteins erhalten war. Anscheinend lag ein sehr basischer und auch sehr alkaliarmer, anorthitreicher Gabbro vor; dafür spricht der Epidotreichtum, vorausgesetzt, dass die während der Umwandlung eingetretenen Substanzänderungen nicht allzu bedeutend waren.

Aus dem Peridotit bildeten sich unter begrenzten Stoffwanderungen und Stoffkonzentrationen Talkschiefer, Strahlsteinschiefer und Chloritgesteine. Nach van Hise [2]) sind solche Substanzverschiebungen, welche zugleich mit der Ausfüllung von Rissen, Spalten und Poren im Gestein verbunden sind, charakteristisch für den an den Verwitterungsgürtel grenzenden Teil der Erdrinde. In der Tat fallen auch alle genannten sekundären Gesteine unter die kristallinen Schiefer der obersten Zone. Das Gleiche gilt vom Epidotamphibolit, dem einzigen Umwandlungsprodukt der gabbroiden Abzweigung. Vergleicht man das Vorkommnis von Loderio mit dem benachbarten, von U. Grubenmann (l. c.) untersuchten Granatolivinfels des Gordunotales, so fällt zunächst die grosse chemische Ähnlichkeit der Olivingesteine beider Lokalitäten auf. Besonders der granatfreie Olivinfels von Gorduno ist dem Peridotit von Loderio chemisch so ver-

[1]) Diese Tatsache und der abnormale Chemismus des Gesteins könnten eine Assimilation des Gneises durch den Peridotit vermuten lassen. Dagegen aber spricht wieder ganz entschieden eben die Kieselsäurearmut des Amphibolits, denn ein Mischgestein des sehr sauren Gneises mit dem Peridotit würde kaum ärmer an $SiO_2$ ausfallen, als letzterer selbst.

[2]) C. R. van Hise. Treatise on metamorphism. Washington 1904.

wandt, dass wohl an ein gemeinsames Magmabassin gedacht werden darf. Auch im Val Gorduno hat eine magmatische Spaltung in einen peridotitischen und einen gabbroiden Zweig stattgefunden. Mit der Metamorphose jedoch setzen die Verschiedenheiten ein. Der Gesteinskomplex von Gorduno umschliesst kristalline Schiefer, welche der tiefsten Zone angehören. Der pyroxenführende Peridotit wurde dort zum Granatolivinfels, der Gabbro zum Eklogit und Feldspathamphibolit. Erst nachträglich wurde dann die Gesteinsmasse in ein höheres Niveau versetzt, und dann bildeten sich auch hier dieselben Gesteine, die in Loderio vorliegen, die Chlorit-, Talk- und Strahlsteinschiefer. In der Gesteinsgeschichte des Olivinfelses von Gorduno ist also eine Periode vorhanden, welche in der des Peridotits von Loderio fehlt, eine Periode der Umwandlung in der tiefsten Zone. Daraus entspringen die sehr augenfälligen Verschiedenheiten im Habitus und im Mineralbestand der beiden Vorkommnisse, denn in Gorduno überwiegen die Typen eben dieser Zone, dazu kommt, dass in Loderio die Karbonatisierung bedeutend eingesetzt hat, wie die grossen Magnesitkristalle in den Randzonen des Peridotits und die Kluftausfüllung durch Magnesiumkarbonat zeigen. In Gorduno fehlt Karbonat bis auf Spuren; dagegen ist die Serpentinisierung so weit fortgeschritten, dass grössere Gesteinsmassen nur aus Serpentin bestehen, welchem in Loderio keine Selbständigkeit zukommt.

So zeigt der Vergleich der beiden Vorkommnisse, wie durch die verschiedenen Bedingungen der Gesteinsbildung aus chemisch gleichem Material verschiedene Gesteine hervorgehen, wie aber auch bei gleichen Umwandlungsbedingungen gleiche Endprodukte entstehen.

Zürich, petrographisches Institut des Polytechnikums
im Mai 1909.

# Entwurf einer Einteilung der Sämtlichen Werke Leonhard Eulers.

Von

PAUL STÄCKEL in Karlsruhe.

Am 31. August 1908 hat die Schweizerische Naturforschende Gesellschaft auf der Jahresversammlung zu Glarus die von ihr eingesetzte Euler-Kommission damit beauftragt, in Verbindung mit dem Zentral-Komitee die *Vorarbeiten für die Herausgabe der Werke* Leonhard Eulers so weit durchzuführen, dass der endgiltige Beschluss über diese bedeutsame Angelegenheit gefasst werden könne. Zu den geforderten Vorarbeiten gehört im besonderen die Aufstellung eines Verzeichnisses aller zu veröffentlichenden Schriften, die Anordnung des Stoffes nach Materien und die Angabe des Inhalts der einzelnen Bände, also *ein ausführlicher Entwurf der Einteilung der geplanten Ausgabe der Sämtlichen Werke Leonhard Eulers.* Einer Anregung des Vorsitzenden der Schweizerischen Euler-Kommission folgend, habe ich einen solchen Entwurf ausgearbeitet. Ich glaube damit auch im Sinne der Deutschen Mathematiker-Vereinigung gehandelt zu haben, die auf ihrer Jahresversammlung zu Köln am 22. September 1908 nicht nur als Beitrag zu den Kosten die Summe von 5000 Fr. bewilligt, sondern sich auch dazu bereit erklärt hat, die Herausgabe der Werke Eulers durch ihre wissenschaftliche Mitwirkung zu unterstützen.

Als Grundlage für den Entwurf dienten die Verzeichnisse der Eulerschen Schriften von P. H. v. Fuss[1]) und G. Hagen[2]); eine wert-

[1]) *Liste complète et systématique des ouvrages de Léonard Euler,* Correspondance mathématique et physique de quelques célèbres géomètres du XVIII. siècle, Bd. I, St. Petersburg 1843, S. 57—121. Mit Verbesserungen und Ergänzungen wieder abgedruckt von P. Stäckel und W. Ahrens in dem *Briefwechsel zwischen C. G. J. Jacobi und P. H. v. Fuss,* Leipzig 1908, S. 79–169.

[2]) *Index operum Leonardi Euleri,* Berlin 1896, 80 S.

volle Ergänzung hierzu bildeten Angaben über den Umfang der Eulerschen Abhandlungen und Werke, die ich Herrn G. Eneström verdanke [1]). Sodann konnte der Brief Jacobis an Fuss vom März/April 1848 [2]) benutzt werden, in dem jener darlegt, wie bei einer Gesamtausgabe der Eulerschen Werke die Abhandlungen aus der reinen Mathematik und aus der Mechanik und Astronomie zweckmässig anzuordnen seien. Der hier mitgeteilte Entwurf beruht durchaus auf dem Gedanken Jacobis, „Bände von nahezu gleichem Umfange zu machen, von denen jeder ein in sich abgeschlossenes — auch besonders käufliches — Ganzes bildet". Freilich liess es sich nicht ermöglichen, dass immer ein einziger Band ein solches Ganzes ausmacht, und es mussten dafür in manchen Fällen zwei, ja sogar drei Bände genommen werden. Während ferner Jacobi innerhalb der Bände noch eine weitere Einteilung in Abschnitte nach den Gegenständen der Abhandlungen vornehmen wollte, zeigte es sich bald, dass bei einer so feinen Einteilung die Antwort auf die Frage, wo eine Abhandlung unterzubringen sei, nur zu häufig zweifelhaft blieb; hat doch die Entscheidung darüber sogar bei der hier gewählten weiteren Einteilung in einzelnen Fällen lange Überlegungen erfordert. Dagegen hat sich Jacobis Vorschlag, innerhalb der einzelnen Sparten die chronologische Ordnung zu wählen, und zwar nach der Zeit des Erscheinens, fast überall durchführen lassen. Eine Schwierigkeit entstand nur bei den selbständigen Werken grösseren Umfangs, die einen oder gar zwei der geplanten Bände für sich in Anspruch nehmen. Soweit als es sich mit der Forderung möglichst gleichförmiger Bände vertrug, sind jedoch die selbständigen Werke in die chronologische Reihenfolge eingegliedert worden. Ohne Zweifel würde die Anordnung nach der Zeit der Abfassung erhebliche Vorzüge gehabt haben. Allein es ist wohl kaum bei der Hälfte der Eulerschen Abhandlungen möglich, über die Entstehungszeit so genaue Angaben zu machen, wie es für die Feststellung der Reihenfolge nötig wäre [3]), und so wichtig eine solche Datierung auch für die innere Geschichte der Eulerschen Gedanken ist, so kommt doch für ihre Wirkung nach aussen lediglich die Jahres-

---

[1]) Das *Verzeichnis des Umfangs der einzelnen Abhandlungen Leonhard Eulers* von F. Müller, Jahresbericht der Deutschen Mathematiker-Vereinigung, 17 (1908), S. 314—316, erwies sich als recht unzuverlässig; die Fehler, die bis zu 220 Seiten gehen (Hagen Nr. 703), belaufen sich zusammen auf mehr als 1000 Seiten.

[2]) *Briefwechsel zwischen Jacobi und Fuss*, S. 47—73.

[3]) Selbstverständlich müssen in der Ausgabe, soweit es möglich ist, Angaben über die Entstehungszeit der Abhandlungen gemacht werden. Jedoch sind hierfür sogar die Exhibitionsdaten nur mit Vorsicht zu benutzen; denn aus Briefen Eulers geht hervor, dass er in der ersten Petersburger Zeit manchmal die Abhandlungen nur angemeldet, aber erst später ausgearbeitet hat.

zahl der Veröffentlichung in Betracht, die sich ohne Schwierigkeit feststellen lässt[1]).

Für die Anordnung des Stoffes nach Materien hat sich das folgende Schema ergeben:

**Erste Reihe: Reine Mathematik.**

*A. Arithmetik und Algebra* (5 Bände).

I. Anleitung zur Algebra, 1 Band.
II. Arithmetische Abhandlungen, 3 Bände.
III. Algebraische Abhandlungen
IV. Wahrscheinlichkeitsrechnung; Versicherungswesen } zusammen 1 Band.

*B. Analysis* (11 Bände).

I. Lehrbücher, 4 Bände.
II. Reihen, Produkte und Kettenbrüche, 2 Bände.
III. Integrale:
Erste Abteilung, 2 Bände.
Zweite Abteilung, Elliptische Integrale, 1 Band.
IV. Differentialgleichungen, 1 Band.
V. Variationsrechnung, 1 Band.

*C. Geometrie* (2 Bände).

I. Elementare Geometrie; Trigonometrie; algebraische Kurven
II. Anwendungen der Differential- und Integralrechnung auf die Geometrie } zusammen 2 Bände.

**Zweite Reihe: Mechanik; Astronomie.**

*A. Mechanik* (11 Bände).

I. Lehrbücher, 2 Bände.
II. Prinzipien der Mechanik
III. Mechanik materieller Punkte } zusammen 1 Band.
IV. Mechanik starrer Körper, 1 Band.
V. Mechanik biegsamer und elastischer Körper, 2 Bände.
VI. Mechanik flüssiger und luftförmiger Körper, 1 Band.
VII. Angewandte Mechanik:
Erste Abteilung, Selbständige Werke, 2 Bände.
Zweite Abteilung, Abhandlungen, 2 Bände.

[1]) Eine Ausnahme bildet nur der Band VI der *Commentarii* von Petersburg, bei dem es Exemplare mit der Jahreszahl 1738 und solche mit der Jahreszahl 1739 gibt; da nach einer Mitteilung von G. Enestrőm der Band nach dem 19. Dezember a. St. (also 30. Dezember n. St.) 1738 erschien, so ist im Folgenden das Jahr 1739 gewählt worden.

*B. Astronomie* (5 Bände).

I. Allgemeine Untersuchungen zum Dreikörperproblem, 1 Band.
II. Spezielle Bahnbestimmungen, 3 Bände.
III. Sphärische Astronomie; Parallaxe; Astrophysik, 1 Band.

**Dritte Reihe: Physik; Werke verschiedenen Inhalts; Briefwechsel.**

*A. Physik* (4 Bände).

I. Akustik; Wärme; Licht; Magnetismus, 1 Band.
II. Optische Instrumente, 3 Bände.

*B. Werke verschiedenen Inhalts* (2 Bände).

I. Briefe an eine deutsche Prinzessin, 1 Band.
II. Sonstige Veröffentlichungen verschiedenen Inhalts, 1 Band.

*C. Briefwechsel* (3 Bände).

Briefwechsel mit d'Alembert, Daniel Bernoulli, Johann Bernoulli, Nicolaus Bernoulli, Goldbach, Lagrange u. s. w.

Die Eulerausgabe würde demnach alles in allem 43 Bände umfassen, zu denen wohl nach Vollendung des Ganzen ein Registerband treten müsste. Was Format und Ausstattung betrifft, so ist die Ausgabe der Werke Brioschis als Vorbild gewählt worden.

Welche selbständigen Werke und Abhandlungen Eulers in die einzelnen Bände aufgenommen werden sollen, zeigt das Verzeichnis, das man am Ende findet. Da es zu viel Raum erfordert hätte, die vollen Titel der Abhandlungen einzusetzen, sind nur die Zeitschriften nach Band und Seitenzahl angeführt worden; die dabei gebrauchten Abkürzungen bedürfen keiner Erläuterung. Links von der Angabe des Ortes stehen die Nummern, die dem betreffenden Opus Eulers in den Verzeichnissen von Fuss und Hagen zukommen; ein Stern bedeutet, dass es dort fehlt. Rechts von der Angabe des Ortes ist zunächst vermerkt, in welcher Sprache das Opus abgefasst ist; den Schluss bilden sodann Angaben über den Umfang, nämlich zuerst die Anzahl der Seiten des Originals und darauf die „reduzierte“ Seitenanzahl, die der Abdruck voraussichtlich haben wird. Bei der Reduktion sind als Norm die schon erwähnten *Opere matematiche di Francesco Brioschi* (Mailand, Ulrico Hoepli) gewählt worden. Bei diesen kommen im Durchschnitt 3200 Buchstaben auf die Seite.

Behufs Reduktion wurden zunächst für die Originale durch zahlreiche Zählungen die durchschnittlichen Anzahlen der Buchstaben auf der Seite ermittelt. Da jedoch bei den Formeln vielfach ganzen Zeilen des Originals ganze Zeilen des Abdrucks entsprechen werden und auch für die Anmerkungen sowie für die Inhaltsverzeichnisse Raum zu schaffen war, so sind nach Erfahrungen bei anderen Abdrücken die Durchschnittszahlen um zehn vom Hundert erhöht worden. Auf diese Art ergaben sich die Reduktionsfaktoren, mit denen die Seitenzahlen der Originale zu multiplizieren sind, damit man die reduzierten Seitenzahlen erhält; bei der Abkürzung auf ganze Zahlen sind Bruchteile unter 0,2 unterdrückt worden, dagegen trat bei Bruchteilen von 0,2 und darüber Erhöhung ein. Es möge genügen, die wichtigsten Reduktionsfaktoren anzuführen:

| | |
|---|---|
| Commentarii Acad. Scient. Petropolitanae | 0,55 |
| Novi Commentarii Acad. Scient. Petropolitanae | 0,55 |
| Acta Acad. Scient. Petropolitanae | 0,60 |
| Nova Acta Acad. Scient. Petropolitanae | 0,63 |
| Histoire de l'Académie Royale de Berlin, avec les Mémoires | 0,70 |

Die hierdurch gewonnenen Seitenzahlen sind so reichlich bemessen, dass eine Überschreitung wohl als ausgeschlossen gelten darf.

Als Umfang eines Bandes sind rund 60 Bogen Quart, also 480 Seiten in Aussicht genommen worden. Bei weitaus den meisten Bänden hat es sich so einrichten lassen, dass hiervon nur unbeträchtliche Abweichungen stattfinden, wie sie sich auch bei anderen Gesamtausgaben finden, bei denen man nach dem Stoff geordnet hat. Wenn Bände, deren Seitenzahlen zwischen 400 und 600 liegen, als normal angesehen werden, so sind nur folgende Ausnahmefälle zu nennen. Mehr als 600 Seiten kommen auf keinen Band. Weniger als 400 Seiten hat der 6. und 7. Band der zweiten Reihe (Mechanik biegsamer und elastischer Körper), nämlich 322 und 330 Seiten. Bei diesen Bänden, in denen die Streitigkeiten Eulers wegen der Integration der Differentialgleichung der schwingenden Saite wieder aufleben werden, sollte man jedoch, der löblichen Sitte des 18. Jahrhunderts folgend, auch den Gegnern das Wort erteilen, umsomehr, als die betreffenden Abhandlungen d'Alemberts, Daniel Bernoullis u. s. w. schwer zugänglich sind; die beiden Bände würden dadurch nicht nur die Norm erreichen, sondern auch beträchtlich an Wert gewinnen.

Wenn der hier mitgeteilte Entwurf als brauchbar anerkannt wird, so ist ein grosser Schritt zur Verwirklichung der Gesamtausgabe der Eulerschen Werke geschehen. Denn nunmehr kann man

der wichtigen Aufgabe näher treten, für die einzelnen Bände oder Gruppen von Bänden, die als wohldefinierte Individuen dastehen, die geeigneten Herausgeber zu gewinnen. Dabei wird anzustreben sein, dass jede dieser verschiedenen Sparten ihren eigenen Liebhaber finde und zwar möglichst bald. Gelingt dies — und die Namen derer, die jetzt schon ihre Mitarbeit in Aussicht gestellt haben, geben hinreichende Gewähr dafür — so wird sich die Durchführung des grossen Unternehmens glatt abwickeln und das Ziel wird rascher erreicht werden, als es bis vor Kurzem noch möglich erschien.

---

Die Herren G. Eneström (Stockholm) und F. Rudio (Zürich) haben die Freundlichkeit gehabt, sich an der Korrektur dieses *Entwurfes* zu beteiligen, wofür ich ihnen auch an dieser Stelle meinen herzlichen Dank sage. Ihre mir sehr wertvollen Bemerkungen haben den Gegenstand eingehender Erörterungen zwischen uns dreien gebildet, aus denen sich schliesslich in allen wesentlichen Punkten vollständige Übereinstimmung über die Gestaltung des *Entwurfes* ergeben hat.

# Leonhard Eulers Sämtliche Werke.

## Erste Reihe: Reine Mathematik.

### *A. Arithmetik und Algebra* (5 Bände).

#### I. Anleitung zur Algebra.

**Band 1.**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 86 | 2 | Vollständige Anleitung zur Algebra. St. Petersburg | 1770 | deutsch | 892 | 352 |
| * | * | Dazu die Anmerkungen von Lagrange . . . . . | 1784 | fr. | 298 | 96 |
| | | | | | | **448** |

**Anmerkung.** Der zweite Teil dieses Werkes und die Anmerkungen von Lagrange sind wesentlich arithmetischen Inhalts.

#### II. Arithmetische Abhandlungen.

**Band 2.**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 23 | 18 | C. Pet. **6**, 103; Comm. ar. I, 1 . . . . . | 1739 | lat. | 5 | 3 |
| 53 | 52 | C. Pet. **6**, 175; Comm. ar. I, 4 . . . . . | 1739 | lat. | 14 | 8 |
| 12 | 19 | C. Pet. **7**, 46; Comm. ar. I, 11 . . . . . | 1740 | lat. | 21 | 12 |
| 24 | 20 | C. Pet. **8**, 141; Comm. ar. I, 21 . . . . . | 1741 | lat. | 6 | 4 |
| 2a | 22 | N. A. Erud. Lips. 1747, 267; Comm. ar. II, 637 . . | 1747 | lat. | 3 | 2 |
| 58 | 53 | C. Pet. **10**, 125; Comm. ar. I, 24 . . . . . | 1747 | lat. | 22 | 12 |
| 7 | 23 | N. C. Pet. **1**, 20; Comm. ar. I, 50 . . . . . | 1750 | lat. | 29 | 16 |
| 2 | 24 | Op. var. arg. II, 23; Comm. ar. I, 102 . . . . . | 1750 | lat. | 85 | 54 |
| 13 | 21 | C. Pet. **14**, 151; Comm. ar. I, 35 . . . . . | 1751 | lat. | 31 | 17 |
| 323 | 206 | N. C. Pet. **2**, 49; Comm. ar. I, 62 . . . . . | 1751 | lat. | 19 | 11 |
| 3 | 51 | Bibl. imp. **3**, 10; Comm. ar. II, 639; Op. post. I, 76 | 1751 | fr. | 22 | 11 |
| 33 | 8 | N. C. Pet. **3**, 125; Comm. ar. I, 73 . . . . . | 1753 | lat. | 45 | 25 |
| 59 | 9 | N. C. Pet. **4**, 3; Comm. ar. I, 155 . . . . . | 1758 | lat. | 38 | 21 |
| 60 | 10 | N. C. Pet. **5**, 3; Comm. ar. I, 210 . . . . . | 1760 | lat. | 56 | 31 |
| 17 | 25 | N. C. Pet. **5**, 59; Comm. ar. I, 146 . . . . . | 1760 | lat. | 16 | 9 |
| 18 | 26 | N. C. Pet. **5**, 75; Comm. ar. I, 234 . . . . . | 1760 | lat. | 9 | 5 |
| 55 | 54 | N. C. Pet. **6**, 85; Comm. ar. I, 245 . . . . . | 1761 | lat. | 30 | 17 |
| 73 | 55 | N. C. Pet. **6**, 155; Comm. ar. I, 193 . . . . . | 1761 | lat. | 30 | 17 |
| 4 | 11 | N. C. Pet. **6**, 185; Comm. ar. I, 174 . . . . . | 1761 | lat. | 46 | 26 |
| 8 | 27 | N. C. Pet. **7**, 49; Comm. ar. I, 260 . . . . . | 1761 | lat. | 34 | 19 |
| 61 | 56 | N. C. Pet. **8**, 64; Comm. ar. I, 239 . . . . . | 1763 | lat. | 10 | 6 |
| 27 | 28 | N. C. Pet. **8**, 74; Comm. ar. I, 274 . . . . . | 1763 | lat. | 31 | 17 |
| 28 | 12 | N. C. Pet. **8**, 105; Comm. ar. I, 287 . . . . . | 1763 | lat. | 24 | 14 |
| 62 | 57 | N. C. Pet. **9**, 3; Comm. ar. I, 297 . . . . . | 1764 | lat. | 37 | 21 |
| 25 | 29 | N. C. Pet. **9**, 99; Comm ar. I, 356 . . . . . | 1764 | lat. | 55 | 31 |
| 84 | 794 | Mém. Berlin **15**, 310; Comm. ar. I, 337 . . . . | 1766 | fr. | 28 | 20 |
| 63 | 58 | N. C. Pet. **11**, 28; Comm. ar. I, 316 . . . . . | 1767 | lat. | 39 | 22 |
| 26 | 30 | N. C. Pet. **13**, 67; Comm. ar. I, 379 . . . . . | 1769 | lat. | 22 | 12 |
| 34 | 13 | N. C. Pet. **14** I, 168; Comm. ar. I, 391 . . . . | 1770 | lat. | 20 | 11 |
| 140 | 158 | N. C. Pet. **14** I, 188; Comm. ar. I, 401 . . . . | 1770 | lat. | 27 | 15 |
| | | | | | | **489** |

**Band 3.**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 65 | 59 | N. C. Pet. **15**, 29; Comm. ar. I, 414 . . . . . | 1771 | lat. | 22 | 12 |
| 141/174 | 14 | N. A. Erud. Lips. 1773, 193; A. Pet. **1** II, 48; Comm. ar. I, 538 . . . . . | 1773 | lat. | 19 | 14 |
| 66 | 61 | N. C. Pet. **17**, 24; Comm. ar. I, 450 . . . . . | 1773 | lat. | 40 | 22 |
| 67 | 62 | N. C. Pet. **17**, 64; Comm. ar. I, 473 . . . . . | 1773 | lat. | 6 | 4 |
| 19 | 31 | N. Mém. Berlin 1772, 35; Comm. ar. I, 584 . . . | 1774 | fr. | 2 | 2 |
| 16 | 32 | N. C. Pet. **18**, 85; Comm. ar. I, 516 . . . . . | 1774 | lat. | 51 | 28 |
| 321/324 | 216 | N. C. Pet. **18**, 171; Comm. ar. I, 507 . . . . . | 1774 | lat. | 14 | 8 |
| 68 | 63 | N. C. Pet. **18**, 185; Comm. ar. I, 549 . . . . . | 1774 | lat. | 13 | 7 |
| 93 | 64 | N. C. Pet. **18**, 218; Comm. ar. I, 570 . . . . . | 1774 | lat. | 27 | 15 |
| 71 | 65 | N. C. Pet. **19**, 112; Comm. ar. II, 53 . . . . . | 1775 | lat. | 20 | 11 |
| 29 | 33 | N. C. Pet. **19**, 132; Comm. ar. II, 64 . . . . . | 1775 | lat. | 52 | 29 |
| 72 | 66 | N. C. Pet. **20**, 48; Comm. ar. I, 444 . . . . . | 1776 | lat. | 11 | 6 |
| 30 | 34 | N. Mém. Berlin 1776, 337; Comm. ar. II, 270 . . | 1779 | fr. | 3 | 3 |
| 56 | 67 | A. Pet. **2** II, 85; Comm. ar. II, 366 . . . . . | 1781 | lat. | 26 | 16 |
| 75 | 68 | A. Pet. **3** I, 30; Comm. ar. II, 457 . . . . . | 1782 | lat. | 19 | 12 |
| 85 | 167 | Verhandl. Vlissingen **9**, 85; Comm. ar. II, 302 . . | 1782 | fr. | 155 | 68 |
| 10 | 37 | Op. anal. I, 64; Comm. ar. I, 477 . . . . . | 1783 | lat. | 21 | 12 |
| 11 | 38 | Op. anal. I, 121; Comm. ar. I, 487 . . . . . | 1783 | lat. | 36 | 21 |
| 70 | 69 | Op. anal. I, 211; Comm. ar. I, 556 . . . . . | 1783 | lat. | 31 | 18 |
| 9 | 39 | Op. anal. I, 242, 268; Comm. ar. II, 1 . . . . . | 1783 | lat. | 54 | 31 |
| 161 | 16 | Op. anal. I, 296; Comm. ar. II, 27 . . . . . | 1783 | lat. | 14 | 8 |
| 64 | 70 | Op. anal. I, 310; Comm. ar. II, 35 . . . . . | 1783 | lat. | 19 | 11 |
| 40 | 40 | Op. anal. I, 329; Comm. ar. II, 44 . . . . . | 1783 | lat. | 16 | 9 |
| 167 | 122 | A. Pet. **4** I, 47 . . . . . | 1783 | lat. | 9 | 6 |
| 36 | 123 | A. Pet. **4** I, 56; Comm. ar. II, 105 . . . . . | 1783 | lat. | 20 | 12 |
| 39 | 35 | A. Pet. **4** II, 18; Comm. ar. II, 127 . . . . . | 1784 | lat. | 13 | 8 |
| 35 | 15 | A. Pet. **4** II, 38; Comm. ar. II, 134 . . . . . | 1784 | lat. | 11 | 7 |
| 37 | 17 | Op. anal. II, 3; Comm. ar. II, 92 . . . . . | 1785 | lat. | 13 | 8 |
| 5 | 71 | Op. anal. II, 91; Comm. ar. II, 99 . . . . . | 1785 | lat. | 11 | 7 |
| 186 | 130 | Op. anal. II, 240; Comm. ar. II, 116 . . . . . | 1785 | lat. | 17 | 10 |
| 6 | 41 | Op. anal. II, 275; Comm. ar. II, 140 . . . . . | 1785 | lat. | 40 | 23 |
| 15 | 36 | N. A. Pet. **1**, 47; Comm. ar. II, 159 . . . . . | 1787 | lat. | 28 | 18 |
| 76 | 72 | N. A. Pet. **9**, 3; Comm. ar. II, 174 . . . . . | 1795 | lat. | 16 | 10 |
| 57 | 73 | N. A. Pet. **10**, 27; Comm. ar. II, 183 . . . . . | 1797 | lat. | 14 | 9 |
| 31 | 42 | N. A. Pet. **10**, 63; Comm. ar. II, 243 . . . . . | 1797 | lat. | 11 | 7 |
| 42 | 74 | N. A. Pet. **11**, 78; Comm. ar. II, 190 . . . . . | 1798 | lat. | 16 | 10 |
| | | | | | | **502** |

**Band 4.**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 32 | 43 | N. A. Pet. **12**, 22; Comm. ar. II, 249 . . . . . | 1801 | lat. | 25 | 16 |
| 168 | 142 | N. A. Pet. **12**, 47 . . . . . | 1801 | lat. | 11 | 7 |
| 322 | 225 | N. A. Pet. **12**, 101; Comm. ar. II, 294 . . . . . | 1801 | lat. | 13 | 8 |
| 20 | 44 | N. A. Pet. **13**, 14; Comm. ar. II, 198 . . . . . | 1802 | lat. | 31 | 20 |
| 54 | 75 | N. A. Pet. **13**, 45; Comm. ar. II, 281 . . . . . | 1802 | lat. | 19 | 12 |
| 21 | 45 | N. A. Pet. **14**, 3; Comm. ar. II, 215 . . . . . | 1805 | lat. | 8 | 5 |
| 22 | 46 | N. A. Pet. **14**, 11; Comm. ar. II, 220 . . . . . | 1805 | lat. | 41 | 26 |
| | | | | Übertrag | | 94 |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Übertrag | | | 94 |
| 38 | 47 | N. A. Pet. **15**, 29; Comm. ar. II, 261 . . . . . | 1806 | lat. | 4 | 3 |
| 325 | 228 | Mém. Pét. **2**, 10; Comm. ar. II, 362 . . . . . | 1810 | lat. | 7 | 3 |
| 79 | 76 | Mém. Pét. **4**, 3; Comm. ar. II, 263 . . . . . | 1813 | lat. | 15 | 7 |
| 14 | 48 | Mém. Pét. **5**, 3; Comm. ar. II, 272 . . . . . | 1815 | lat. | 21 | 10 |
| 326 | 230 | Mém. Pét. **5**, 73; Comm. ar. II, 380 . . . . . | 1815 | lat. | 23 | 11 |
| 43 | 77 | Mém. Pét. **6**, 54; Comm. ar. II, 392 . . . . . | 1818 | lat. | 12 | 6 |
| 327 | 232 | Mém. Pét. **7**, 3; Comm. ar. II, 488 . . . . . | 1820 | fr. | 7 | 3 |
| 52 | 78 | Mém. Pét. **7**, 10; Comm. ar. II, 492 . . . . . | 1820 | lat. | 13 | 6 |
| 77 | 79 | Mém. Pét. **8**, 3; Comm. ar. II, 406 . . . . . | 1822 | lat. | 14 | 7 |
| 44 | 80 | Mém. Pét. **9**, 3; Comm. ar. II, 397 . . . . . | 1824 | lat. | 11 | 5 |
| 45 | 81 | Mém. Pét. **9**, 14; Comm. ar. II, 414 . . . . . | 1824 | lat. | 6 | 3 |
| 46 | 82 | Mém. Pét. **10**, 3; Comm. ar. II, 403 . . . . . | 1826 | lat. | 4 | 2 |
| 78 | 83 | Mém. Pét. **11**, 1; Comm. ar. II, 418 . . . . . | 1830 | lat. | 11 | 5 |
| 47 | 84 | Mém. Pét. **11**, 12; Comm. ar. II, 425 . . . . . | 1830 | lat. | 19 | 9 |
| 48 | 85 | Mém. Pét. **11**, 31; Comm. ar. II, 438 . . . . . | 1830 | lat. | 15 | 7 |
| 49 | 86 | Mém. Pét. **11**, 46; Comm. ar. II, 447 . . . . . | 1830 | lat. | 3 | 2 |
| 50 | 87 | Mém. Pét. **11**, 49; Comm. ar. II, 450 . . . . . | 1830 | lat. | 9 | 4 |
| 69 | 88 | Mém. Pét. **11**, 58; Comm. ar. II, 467 . . . . . | 1830 | lat. | 11 | 5 |
| 51 | 89 | Mém. Pét. **11**, 69; Comm. ar. II, 474 . . . . . | 1830 | lat. | 23 | 11 |
| Da7 | 49 | Comm. ar. II, 501; Op. post. I, 3 . . . . . | 1849 | lat. | 73 | 83 |
| Da4 | 90 | Comm. ar. II, 576; Op. post. I, 128 . . . . . | 1849 | lat. | 12 | 14 |
| Da5 | 173 | Comm. ar. II, 588; Op. post. I, 152 . . . . . | 1849 | lat. | 5 | 6 |
| Da1 | 174 | Comm. ar. II, 593; Op. post. I, 140 . . . . . | 1849 | lat. | 10 | 12 |
| 754 | 91 | Comm. ar. II, 603; Op. post. I, 105 . . . . . | 1849 | fr. | 14 | 16 |
| 755 | 92 | Comm. ar. II, 617; Op. post. I, 119 . . . . . | 1849 | fr. | 9 | 10 |
| Da6 | 233 | Comm. ar. II, 648; Op. post. I, 101 . . . . . | 1849 | lat. | 4 | 5 |
| Da56 | 50 | Comm. ar. II, 627; Op. post. I, 85 . . . . . | 1849 | lat. | 10 | 12 |
| * | * | Op. post. I, 157; Fragm. No. 1—90 . . . . . | 1862 | lat. | 110 | 125 |
| * | * | Op. post. I, 487; Fragm. No. 91—96 . . . . . | 1862 | lat. | 7 | 8 |
| | | | | | | **494** |

**Band 5.**

III. Algebraische Abhandlungen.

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 110 | 190 | C. Pet. **6**. 216 . . . . . | 1739 | lat. | 16 | 9 |
| 129 | 193 | Op. var. arg. II, 108 . . . . . | 1750 | lat. | 13 | 8 |
| 138 | 191 | C. Pet. **13**, 16 . . . . . | 1751 | lat. | 45 | 25 |
| 191 | 154 | C. Pet. **13**, 64 . . . . . | 1751 | lat. | 30 | 17 |
| 108 | 192 | Mém. Berlin **5**, 222 . . . . . | 1751 | fr. | 67 | 47 |
| 114 | 194 | N. C. Pet. **9**, 70 . . . . . | 1764 | lat. | 29 | 16 |
| 106 | 195 | Mém. Berlin **20**, 91 . . . . . | 1766 | fr. | 14 | 10 |
| 109 | 196 | N. C. Pet. **13**, 89 . . . . . | 1769 | lat. | 31 | 17 |
| 112 | 197 | N. C. Pet. **15**, 51 . . . . . | 1771 | lat. | 24 | 14 |
| 83 | 60 | N. C. Pet. **15**, 75; Comm. ar. I, 427 . . . . . | 1771 | lat. | 32 | 18 |
| 139 | 160 | N. C. Pet. **18**, 136 . . . . . | 1774 | lat. | 35 | 20 |
| 146 | 161 | N. C. Pet. **18**, 198 . . . . . | 1774 | lat. | 20 | 11 |
| 88 | 180 | A. Pet. **4** I, 32 . . . . . | 1783 | lat. | 15 | 9 |
| 116 | 198 | N. A. Pet. **4**, 55 . . . . . | 1789 | lat. | 19 | 12 |
| | | | | Übertrag | | 233 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Übertrag | | | 233 |
| 117 | 199 | N. A. Pet. **4**, 74 | 1789 | lat. | 22 | 14 |
| 115 | 200 | N. A. Pet. **6**, 16 | 1790 | lat. | 9 | 6 |
| 107 | 201 | N. A. Pet. **6**, 25 | 1790 | lat. | 11 | 7 |
| 111 | 202 | N. A. Pet. **9**, 19 | 1795 | lat. | 22 | 14 |
| 113 | 203 | N. A. Pet. **12**, 71 | 1801 | lat. | 20 | 13 |
| 97 | 186 | Mém. Pét. **1**, 3 | 1809 | lat. | 23 | 11 |
| 101 | 189 | Mém. Pét. **6**, 3 | 1818 | lat. | 9 | 4 |
| E 1 | 93 | Op. post. I, 282 | 1862 | lat. | 6 | 7 |
| * | * | Op. post. I, 504, Fragm. No. 105 | 1862 | lat. | 2 | 3 |

### IV. Wahrscheinlichkeitsrechnung; Versicherungswesen.

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 299 | 775 | Mém. Berlin **7**, 255 | 1753 | fr. | 16 | 12 |
| 298 | 778 | Mém. Berlin **20**, 144 | 1766 | fr. | 21 | 15 |
| 294 | 776 | Mém. Berlin **16**, 144 | 1767 | fr. | 21 | 15 |
| 295 | 777 | Mém. Berlin **16**, 165 | 1767 | fr. | 11 | 8 |
| 300 | 779 | Mém. Berlin **21**, 191 | 1767 | fr. | 40 | 28 |
| 293 | 780 | Mém. Berlin **25**, 285 | 1771 | fr. | 18 | 13 |
| 296 | 774 | Éclaircissemens sur les établissemens publics en faveur tant des Veuves que des Morts. St. Pétersbourg | 1776 | fr. | 72 | 50 |
| 292 | 781 | A. Pet. **1** I, 24 | 1778 | lat. | 10 | 7 |
| 297 | 783 | Op. anal. II, 315 | 1785 | lat. | 16 | 9 |
| 301 | 784 | Op. anal. II, 331 | 1785 | lat. | 16 | 9 |
| 291 | 782 | N. A. Pet. **3**, 289 | 1788 | lat. | 9 | 6 |
| 192 | 785 | Mém. Pét. **3**, 57 | 1811 | lat. | 8 | 4 |
| Da 10 | 786 | Op. post. I, 315 | 1862 | lat. | 4 | 5 |
| Da 11 | 787 | Op. post. I, 319 | 1862 | fr. | 17 | 20 |
| E 3 | 788 | Op. post. I, 336 | 1862 | fr. | 6 | 7 |
| * | * | Zwei Briefe Eulers an Friedrich II von Preussen, Op. post. I, 550 | 1802 | fr. | 5 | 7 |
| | | | | | | **527** |

## *B. Analysis* (11 Bände).

### I. Lehrbücher.

**Band 6.**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 87 | 3 | Introductio in analysin infinitorum. Lausanne | 1748 | lat. | 732 | 464 |
| | | | | | | **464** |

**Anmerkung.** Der zweite Teil dieses Werkes bezieht sich auf die analytische Geometrie der Ebene und des Raumes.

**Band 7.**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 193 | 5 | Institutiones calculi differentialis. St. Petersburg | 1755 | lat. | 904 | 452 |

Dazu als Anhang die erst aus dem Nachlass veröffentlichte Sectio III:

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Da 8 | 6 | Op. post. I, 342 | 1862 | lat. | 61 | 69 |
| | | | | | | **521** |

**Band 8 und 9.**

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 200 | 7 | Institutiones calculi integralis, | I. | St. Petersburg | . | 1768 | lat. | 467 | 327 |
| 200 | 7 | „ „ „ | II. | „ | . | 1769 | lat. | 437 | 306 |
| 200 | 7 | „ „ „ | III. | „ | . | 1770 | lat. | 530 | 371 |
| | | | | | | | | | **1004** |

**Anmerkung.** Der nach Eulers Tode im Jahre 1794 herausgegebene vierte Band der Institutiones calculi integralis ist eine Sammlung von Abhandlungen zur Integralrechnung, die teils schon erschienen waren, teils aus Eulers Nachlass zum ersten Male abgedruckt wurden. Diese Abhandlungen sind nach den darin behandelten Gegenständen auf die folgenden Bände 13, 14, 15, 16, 17 verteilt worden.

## II. Reihen, Produkte und Kettenbrüche.

**Band 10.**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 120 | 110 | C. Pet. **5**, 36 | 1738 | lat. | 22 | 12 |
| 173 | 98 | C. Pet. **5**, 91 | 1738 | lat. | 15 | 9 |
| 171 | 99 | C. Pet. **6**, 68 | 1739 | lat. | 30 | 17 |
| 174 | 111 | C. Pet. **7**, 123 | 1740 | lat. | 12 | 7 |
| 141 | 112 | C. Pet. **7**, 150 | 1740 | lat. | 12 | 7 |
| 176 | 100 | C. Pet. **8**, 3 | 1741 | lat. | 7 | 4 |
| 172 | 101 | C. Pet. **8**, 9 | 1741 | lat. | 14 | 8 |
| 177 | 102 | C. Pet. **8**, 147 | 1741 | lat. | 12 | 7 |
| 205 | 115 | Misc. Berl. **7**, 91 | 1743 | lat. | 38 | 31 |
| 175 | 116 | Misc. Berl. **7**, 172 | 1743 | lat. | 21 | 17 |
| 174a | 117 | Journal lit. **2** I, 115 | 1743 | fr. | 13 | 6 |
| 89 | 176 | C. Pet. **9**, 98 | 1744 | lat. | 40 | 22 |
| 121 | 150 | C. Pet. **9**, 160 | 1744 | lat. | 29 | 16 |
| 313 | 151 | C. Pet. **9**, 222 | 1744 | lat. | 17 | 10 |
| 122 | 113 | C. Pet. **11**, 3 | 1750 | lat. | 29 | 16 |
| 90 | 177 | C. Pet. **11**, 32 | 1750 | lat. | 50 | 28 |
| 159 | 152 | C. Pet. **11**, 116 | 1750 | lat. | 12 | 7 |
| 328 | 114 | C. Pet. **11**, 194 | 1750 | lat. | 37 | 21 |
| 123 | 153 | C. Pet. **12**, 53 | 1750 | lat. | 44 | 25 |
| 124 | 103 | N. C. Pet. **3**, 36 | 1753 | lat. | 50 | 28 |
| 156 | 155 | N. C. Pet. **3**, 86 | 1753 | lat. | 23 | 13 |
| 329 | 211 | N. C. Pet. **5**, 164 | 1760 | lat. | 41 | 23 |
| 125 | 104 | N. C. Pet. **5**, 205 | 1760 | lat. | 33 | 18 |
| 315 | 212 | N. C. Pet. **8**, 157 | 1763 | lat. | 12 | 7 |
| 147 | 118 | N. C. Pet. **9**, 40 | 1764 | lat. | 13 | 7 |
| 92 | 178 | N. C. Pet. **9**, 53 | 1764 | lat. | 17 | 10 |
| 126 | 157 | N. C. Pet. **11**, 124 | 1767 | lat. | 20 | 11 |
| 142 | 156 | Mém. Berlin **17**, 83 | 1768 | fr. | 24 | 17 |
| 183 | 119 | N. C. Pet. **14** I, 129 | 1770 | lat. | 39 | 22 |
| 314 | 215 | N. C. Pet. **16**, 160 | 1772 | lat. | 11 | 6 |
| 127 | 159 | N. C. Pet. **17**, 173 | 1773 | lat. | 32 | 18 |
| 182 | 120 | N. C. Pet. **18**, 24 | 1774 | lat. | 13 | 7 |
| 130 | 121 | N. C. Pet. **19**, 103 | 1775 | lat. | 9 | 5 |
| | | | | Übertrag | | 462 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Übertrag | | | 462 |
| 155 | 162 | N. C. Pet. **20**, 123 | 1776 | lat. | 17 | 10 |
| 143 | 163 | N. C. Pet. **20**, 140 | 1776 | lat. | 47 | 26 |
| 190 | 164 | A. Pet. **1** I, 38 | 1778 | lat. | 23 | 14 |
| 194 | 302 | A. Pet. **2** I, 102 | 1780 | lat. | 17 | 11 |
| 91 | 179 | A. Pet. **3** I, 3 | 1782 | lat. | 27 | 17 |
| | | | | | | **540** |

**Band 11.**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 160 | 168 | Op. anal. I, 3 | 1783 | lat. | 45 | 26 |
| 128 | 127 | Op. anal. I, 48 | 1783 | lat. | 16 | 9 |
| 94 | 181 | Op. anal. I, 85 | 1783 | lat. | 36 | 21 |
| 163 | 105 | Op. anal. I, 157 | 1783 | lat. | 54 | 31 |
| 153 | 128 | Op. anal. I, 345 | 1783 | lat. | 8 | 5 |
| 330 | 129 | Op. anal. I, 353 | 1783 | lat. | 11 | 7 |
| 166 | 165 | A. Pet. **3** II, 29 | 1783 | lat. | 23 | 14 |
| 134 | 125 | A. Pet. **5** I, 74 | 1784 | lat. | 38 | 23 |
| 181 | 124 | A. Pet. **5** II, 45 | 1785 | lat. | 31 | 19 |
| 135 | 126 | A. Pet. **5** II, 76 | 1785 | lat. | 14 | 9 |
| 98 | 183 | Op. anal. II, 102 | 1785 | lat. | 36 | 21 |
| 95 | 184 | Op. anal. II, 138 | 1785 | lat. | 40 | 23 |
| 178 | 131 | Op. anal. II, 257 | 1785 | lat. | 18 | 11 |
| 162 | 107 | Inst. calc. diff., ed. sec. II, 705; Mém. Pét. **4**, 88 | 1787 | lat. | 30 | 14 |
| 164 | 182 | N. A. Pet. **2**, 36 | 1788 | lat. | 10 | 7 |
| 180 | 106 | N. A. Pet. **2**, 46 | 1788 | lat. | 24 | 15 |
| 331 | 132 | N. A. Pet. **5**, 27 | 1789 | lat. | 25 | 16 |
| 131 | 133 | N. A. Pet. **5**, 52 | 1789 | lat. | 7 | 5 |
| 179 | 169 | N. A. Pet. **6**, 3 | 1790 | lat. | 13 | 8 |
| 144 | 134 | N. A. Pet. **7**, 42 | 1793 | lat. | 22 | 14 |
| 149 | 135 | N. A. Pet. **7**, 87 | 1793 | lat. | 12 | 8 |
| 145 | 136 | N. A. Pet. **8**, 3 | 1794 | lat. | 12 | 8 |
| 133 | 137 | N. A. Pet. **8**, 32 | 1794 | lat. | 37 | 24 |
| 154 | 138 | N. A. Pet. **8**, 69 | 1794 | lat. | 4 | 3 |
| 185 | 108 | N. A. Pet. **9**, 41 | 1795 | lat. | 13 | 8 |
| 148 | 139 | N. A. Pet. **9**, 54 | 1795 | lat. | 27 | 17 |
| 150 | 140 | N. A. Pet. **11**, 94 | 1798 | lat. | 20 | 13 |
| 151 | 141 | N. A. Pet. **11**, 114 | 1798 | lat. | 19 | 12 |
| 157 | 170 | N. A. Pet. **11**, 133 | 1798 | lat. | 17 | 11 |
| 158 | 171 | N. A. Pet. **11**, 150 | 1798 | lat. | 5 | 3 |
| 165 | 172 | N. A. Pet. **12**, 58 | 1801 | lat. | 13 | 8 |
| 170 | 143 | N. A. Pet. **14**, 75 | 1805 | lat. | 36 | 23 |
| 136 | 144 | N. A. Pet. **15**, 33 | 1806 | lat. | 11 | 7 |
| 187 | 145 | Mém. Pét. **3**, 26 | 1811 | lat. | 17 | 8 |
| 99 | 187 | Mém. Pét. **4**, 52 | 1813 | lat. | 23 | 11 |
| 132 | 146 | Mém. Pét. **4**, 75 | 1813 | lat. | 13 | 6 |
| 100 | 188 | Mém. Pét. **5**, 24 | 1815 | lat. | 21 | 10 |
| 188 | 109 | Mém. Pét. **5**, 45 | 1815 | lat. | 12 | 6 |
| | | | Übertrag | | | 484 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Übertrag | | | 484 |
| 152 | 147 | Mém. Pét. **5**, 57 | 1815 | lat. | 16 | 8 |
| 137 | 148 | Mém. Pét. **9**, 57 | 1824 | lat. | 10 | 5 |
| E 2 | 175 | Op. post. I, 288 | 1862 | lat. | 11 | 13 |
| Da 9 | 149 | Op. post. I, 299 | 1862 | lat. | 16 | 18 |
| * | * | Op. post. I, 506, Fragm. 106 bis 108 | 1862 | lat. | 8 | 9 |
| | | | | | | **537** |

## III. Integrale.

### *Erste Abteilung.*

**Band 12.**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 222 | 368 | Misc. Berl. **7**, 129 | 1743 | lat. | 43 | 35 |
| 201 | 312 | C. Pet. **14**, 3 | 1751 | lat. | 89 | 49 |
| 202 | 313 | C. Pet. **14**, 99 | 1751 | lat. | 52 | 27 |
| 189 | 94 | Mém. Berlin **5**, 139 | 1751 | fr. | 41 | 29 |
| 248 | 314 | N. C. Pet. **6**, 115 | 1761 | lat. | 40 | 22 |
| 348 | 330 | N. C. Pet. **7**, 128 | 1761 | lat. | 35 | 20 |
| 232 | 369 | Misc. Taur. **3** B, 156 | 1766 | lat. | 22 | 15 |
| 280 | 315 | N. C. Pet. **14** I, 72; Inst. calc. int. IV, 416 | 1770 | lat. | 32 | 18 |
| 233 | 370 | N. C. Pet. **16**, 91; Inst. calc. int. IV, 78 | 1772 | lat. | 49 | 27 |
| 231 | 371 | N. C. Pet. **19**, 3 | 1775 | lat. | 27 | 15 |
| 234 | 372 | N. C. Pet. **19**, 30; Inst. calc. int. IV, 122 | 1775 | lat. | 36 | 20 |
| 223 | 317 | N. C. Pet. **19**, 66; Inst. calc. int. IV, 260 | 1775 | lat. | 37 | 21 |
| 239 | 373 | N. C. Pet. **20**, 59 | 1776 | lat. | 21 | 12 |
| 236 | 374 | A. Pet. **1** II, 3; Inst. calc. int. IV, 154 | 1780 | lat. | 26 | 16 |
| 238 | 375 | A. Pet. **1** II, 29 | 1780 | lat. | 19 | 12 |
| 204 | 318 | A. Pet. **4** I, 4 | 1783 | lat. | 29 | 18 |
| 203 | 337 | A. Pet. **5** I, 3 | 1784 | lat. | 45 | 27 |
| 235 | 377 | Op. anal. II, 16 | 1785 | lat. | 26 | 15 |
| 227 | 378 | Op. anal. II, 42; Inst. calc. int. IV, 346 | 1785 | lat. | 13 | 8 |
| 228 | 379 | Op. anal. II, 55; Inst. calc. int. IV, 358 | 1785 | lat. | 21 | 12 |
| 102 | 95 | Op. anal. II, 76 | 1785 | lat. | 7 | 4 |
| 229 | 341 | Op. anal. II, 178; Inst. calc. int. IV, 378 | 1785 | lat. | 39 | 23 |
| | | | | | | **445** |

**Band 13.**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 208 | 340 | A. Pet. **6** II, 62 | 1786 | lat. | 23 | 16 |
| 230 | 376 | N. A. Pet. **3**, 3 | 1788 | lat. | 22 | 14 |
| 103 | 342 | N. A. Pet. **3**, 25 | 1788 | lat. | 22 | 14 |
| 237 | 380 | N. A. Pet. **4**, 3 | 1789 | lat. | 14 | 9 |
| 245 | 319 | N. A. Pet. **4**, 17 | 1789 | lat. | 38 | 24 |
| 246 | 381 | N. A. Pet. **5**, 3 | 1789 | lat. | 24 | 15 |
| 224 225 | 382 | N. A. Pet. **5**, 86, 118; Inst. calc. int. IV, 295, 326 | 1789 | lat. | 44 | 28 |
| 210 | 345 | N. A. Pet. **7**, 22 | 1793 | lat. | 20 | 12 |
| 247 | 346 | N. A. Pet. **7**, 64 | 1793 | lat. | 19 | 12 |
| 242 | 347 | N. A. Pet. **7**, 99 | 1793 | lat. | 35 | 22 |
| | | | Übertrag | | | 166 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Übertrag | | | 166 |
| 243 | 348 | N. A. Pet. **7**, 134 | 1793 | lat. | 15 10 |
| 217 | 357 | Inst. calc. int. IV, 48 | 1794 | lat. | 12 9 |
| 221 | 384 | Inst. calc. int. IV, 60 | 1794 | lat. | 18 13 |
| 213 | 358 | Inst. calc. int. IV, 183 | 1794 | lat. | 11 8 |
| 218 | 359 | Inst. calc. int. IV, 194 | 1794 | lat. | 23 16 |
| 219 | 360 | Inst. calc. int. IV, 217 | 1794 | lat. | 25 17 |
| 220 | 361 | Inst. calc. int. IV, 242 | 1794 | lat. | 18 13 |
| 226 | 385 | Inst. calc. int. IV, 337 | 1794 | lat. | 9 7 |
| 240 | 383 | N. A. Pet. **8**, 15 | 1794 | lat. | 17 11 |
| 216 | 349 | N. A. Pet. **9**, 98 | 1795 | lat. | 20 13 |
| 212 | 350 | N. A. Pet. **9**, 118 | 1795 | lat. | 9 6 |
| 214 | 351 | N. A. Pet. **9**, 127 | 1795 | lat. | 5 3 |
| 104 | 352 | N. A. Pet. **10**, 3 | 1797 | lat. | 17 11 |
| 215 | 353 | N. A. Pet. **10**, 20 | 1797 | lat. | 7 5 |
| 211 | 355 | N. A. Pet. **11**, 27 | 1798 | lat. | 51 32 |
| 105 | 96 | N. A. Pet. **12**, 3 | 1801 | lat. | 19 12 |
| 244 | 363 | N. A. Pet. **14**, 62 | 1805 | lat. | 13 8 |
| 241 | 364 | Mém. Pét. **6**, 30 | 1818 | lat. | 24 11 |
| D.58 | 97 | Op. post. I, 269 | 1862 | fr. | 13 15 |
| D.12 | 386 | Op. post. I, 408 | 1862 | fr. | 31 35 |
| * | * | Op. post. I, 496, Fragm. 98 | 1862 | lat. | 1 2 |
| * | * | Op. post. I, 514, Fragm. 109 | 1862 | lat. | 1 1 |
| | | | | | **424** |

**Anmerkung.** In die Bände 12 und 13 sind auch verschiedene Abhandlungen über Funktionen komplexer Veränderlicher aufgenommen worden, da Euler die betreffenden Untersuchungen wesentlich im Hinblick auf die Integralrechnung angestellt hat.

*Zweite Abteilung: Elliptische Integrale.*

**Band 14.**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 353 | 323 | C. Pet. **8**, 86 | 1741 | lat. | 13 7 |
| 414 | 249 | N. C. Pet. **2**, 3 | 1750 | lat. | 36 20 |
| 355 | 324 | Op. var. arg. II, 121 | 1750 | lat. | 46 29 |
| 269 | 326 | N. C. Pet. **6**, 37 | 1761 | lat. | 21 12 |
| 423 | 327 | N. C. Pet. **6**, 58 | 1761 | lat. | 27 15 |
| 352 | 328 | N. C. Pet. **7**, 3 | 1761 | lat. | 46 26 |
| 424 | 329 | N. C. Pet. **7**, 83 | 1761 | lat. | 45 25 |
| 206 | 331 | N. C. Pet. **8**, 129 | 1763 | lat. | 21 12 |
| 207 | 332 | N. C. Pet. **10**, 3 | 1765 | lat. | 48 27 |
| 270 | 333 | N. C. Pet. **13**, 3 | 1768 | lat. | 14 8 |
| 342 | 334 | N. C. Pet. **12**, 42 | 1768 | lat. | 45 25 |
| 354 | 335 | N. C. Pet. **18**, 71 | 1774 | lat. | 14 8 |
| 282 | 336 | A. Pet. **2** I, 20; Inst. calc. int. IV, 465 | 1780 | lat. | 38 23 |
| 281 | 338 | A. Pet. **5** II, 3; Inst. calc. int. IV, 446 | 1785 | lat. | 20 12 |
| 346 | 339 | A. Pet. **5** II, 23 | 1785 | lat. | 22 13 |
| 357 415 | 276 277 | Op. anal. II, 82, 86 | 1785 | lat. | 8 5 |
| | | Übertrag | | | 267 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Übertrag | | | 267 |
| 364 526 | 613 | A. Pet. **6** II, 34 | 1786 | lat. | 28 | 17 |
| 421 | 278 | N. A. Pet. **4**, 96 | 1789 | lat. | 8 | 5 |
| 417 | 279 | N. A. Pet. **5**, 59 | 1789 | lat. | 12 | 8 |
| 419 | 280 | N. A. Pet. **5**, 71 | 1789 | lat. | 15 | 9 |
| 425 | 344 | N. A. Pet. **6**, 36 | 1790 | lat. | 27 | 16 |
| 209 | 356 | Inst. calc. int. IV, 36 | 1794 | lat. | 12 | 9 |
| 283 | 362 | Inst. calc. int. IV, 504 | 1794 | lat. | 21 | 15 |
| 267 | 395 | N. A. Pet. **13**, 3 | 1802 | lat. | 11 | 7 |
| 420 | 292 | Mém. Pét. **11**, 95 | 1830 | lat. | 5 | 3 |
| 418 | 293 | Mém. Pét. **11**, 100 | 1830 | lat. | 2 | 1 |
| 422 | 294 | Mém. Pét. **11**, 102 | 1830 | lat. | 12 | 6 |
| 416 | 295 | Mém. Pét. **11**, 114 | 1830 | lat. | 11 | 6 |
| 54 | 367 | Op. post. I, 452 | 1862 | lat. | 35 | 40 |
| * | * | Op. post. I, 497, Fragm. No. 100 | 1861 | lat. | 6 | 7 |
| | | | | | | **416** |

## IV. Differentialgleichungen.

**Band 15.**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 256 | 399 | C. Pet. **3**, 124 | 1732 | lat. | 14 | 8 |
| 249 | 387 | N. A. Erud. Lips. 1733, 369 | 1733 | lat. | 5 | 3 |
| 250 | 400 | C. Pet. **6**, 168 | 1739 | lat. | 7 | 4 |
| 251 | 401 | C. Pet. **6**, 231 | 1739 | lat. | 16 | 9 |
| 340 341 | 246 | C. Pet. **7**, 174, 180 | 1740 | lat. | 37 | 21 |
| 413 | 247 | C. Pet. **8**, 23 | 1741 | lat. | 7 | 4 |
| 118 | 388 | C. Pet. **8**, 66 | 1741 | lat. | 20 | 11 |
| 261 | 390 | Misc. Berl. **7**, 193 | 1743 | lat. | 50 | 41 |
| 119 | 389 | C. Pet. **9**, 85 | 1744 | lat. | 13 | 7 |
| 252 | 402 | C. Pet. **10**, 40 | 1747 | lat. | 16 | 9 |
| 262 | 391 | N. C. Pet. **3**, 3 | 1753 | lat. | 33 | 18 |
| 278 | 403 | Mém. Berlin **12**, 300 | 1758 | fr. | 22 | 16 |
| 80 | 325 | N. C. Pet. **5**, 84 | 1760 | lat. | 61 | 34 |
| 257 | 404 | N. C. Pet. **7**, 163 | 1761 | lat. | 40 | 22 |
| 254 | 392 | N. C. Pet. **8**, 3 | 1763 | lat. | 61 | 34 |
| 276 | 405 | N. C. Pet. **8**, 150 | 1763 | lat. | 7 | 4 |
| 268 | 406 | N. C. Pet. **9**, 154 | 1764 | lat. | 16 | 9 |
| 279 | 393 | N. C. Pet. **9**, 170 | 1764 | lat. | 43 | 24 |
| 277 | 407 | Misc. Taur. **3** B, 60 | 1766 | fr. | 32 | 22 |
| 169 | 301 | N. C. Pet. **11**, 3 | 1767 | lat. | 25 | 14 |
| 253 | 316 | N. C. Pet. **17**, 70 | 1773 | lat. | 35 | 20 |
| 271 | 408 | N. C. Pet. **17**, 105 | 1773 | lat. | 20 | 11 |
| 275 | 409 | N. C. Pet. **17**, 125 | 1773 | lat. | 30 | 17 |
| 184 | 166 | A. Pet. **4** II, 31 | 1784 | lat. | 7 | 5 |
| 96 | 185 | Op. anal. II, 217 | 1785 | lat. | 23 | 13 |
| 81 | 343 | N. A. Pet. **3**, 47 | 1788 | lat. | 10 | 7 |
| 255 | 320 | N. A. Pet. **7**, 3 | 1793 | lat. | 19 | 12 |
| 259 | 410 | Inst. calc. int. IV, 525 | 1794 | lat. | 8 | 6 |
| | | | Übertrag | | | 405 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Übertrag | | | 166 |
| 243 | 348 | N. A. Pet. **7**, 134 | 1793 | lat. | 15 | 10 |
| 217 | 357 | Inst. calc. int. IV, 48 | 1794 | lat. | 12 | 9 |
| 221 | 384 | Inst. calc. int. IV, 60 | 1794 | lat. | 18 | 13 |
| 213 | 358 | Inst. calc. int. IV, 183 | 1794 | lat. | 11 | 8 |
| 218 | 359 | Inst. calc. int. IV, 194 | 1794 | lat. | 23 | 16 |
| 219 | 360 | Inst. calc. int. IV, 217 | 1794 | lat. | 25 | 17 |
| 220 | 361 | Inst. calc. int. IV, 242 | 1794 | lat. | 18 | 13 |
| 226 | 385 | Inst. calc. int. IV, 337 | 1794 | lat. | 9 | 7 |
| 240 | 383 | N. A. Pet. **8**, 15 | 1794 | lat. | 17 | 11 |
| 216 | 349 | N. A. Pet. **9**, 98 | 1795 | lat. | 20 | 13 |
| 212 | 350 | N. A. Pet. **9**, 118 | 1795 | lat. | 9 | 6 |
| 214 | 351 | N. A. Pet. **9**, 127 | 1795 | lat. | 5 | 3 |
| 104 | 352 | N. A. Pet. **10**, 3 | 1797 | lat. | 17 | 11 |
| 215 | 353 | N. A. Pet. **10**, 20 | 1797 | lat. | 7 | 5 |
| 211 | 355 | N. A. Pet. **11**, 27 | 1798 | lat. | 51 | 32 |
| 105 | 96 | N. A. Pet. **12**, 3 | 1801 | lat. | 19 | 12 |
| 244 | 363 | N. A. Pet. **14**, 62 | 1805 | lat. | 13 | 8 |
| 241 | 364 | Mém. Pét. **6**, 30 | 1818 | lat. | 24 | 11 |
| Da 58 | 97 | Op. post. I, 269 | 1862 | fr. | 13 | 15 |
| Da 12 | 386 | Op. post. I, 408 | 1862 | fr. | 31 | 35 |
| * | * | Op. post. I, 496, Fragm. 98 | 1862 | lat. | 1 | 2 |
| * | * | Op. post. I, 514, Fragm. 109 | 1862 | lat. | 1 | 1 |
| | | | | | | 424 |

**Anmerkung.** In die Bände 12 und 13 sind auch verschiedene Abhandlungen über Funktionen komplexer Veränderlicher aufgenommen worden, da Euler die betreffenden Untersuchungen wesentlich im Hinblick auf die Integralrechnung angestellt hat.

*Zweite Abteilung: Elliptische Integrale.*

**Band 14.**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 353 | 323 | C. Pet. **8**, 86 | 1741 | lat. | 13 | 7 |
| 414 | 249 | N. C. Pet. **2**, 3 | 1750 | lat. | 36 | 20 |
| 355 | 324 | Op. var. arg. II, 121 | 1750 | lat. | 46 | 29 |
| 269 | 326 | N. C. Pet. **6**, 37 | 1761 | lat. | 21 | 12 |
| 423 | 327 | N. C. Pet. **6**, 58 | 1761 | lat. | 27 | 15 |
| 352 | 328 | N. C. Pet. **7**, 3 | 1761 | lat. | 46 | 26 |
| 424 | 329 | N. C. Pet. **7**, 83 | 1761 | lat. | 45 | 25 |
| 206 | 331 | N. C. Pet. **8**, 129 | 1763 | lat. | 21 | 12 |
| 207 | 332 | N. C. Pet. **10**, 3 | 1765 | lat. | 48 | 27 |
| 270 | 333 | N. C. Pet. **12**, 3 | 1768 | lat. | 14 | 8 |
| 342 | 334 | N. C. Pet. **12**, 42 | 1768 | lat. | 45 | 25 |
| 354 | 335 | N. C. Pet. **18**, 71 | 1774 | lat. | 14 | 8 |
| 282 | 336 | A. Pet. **2** I, 20; Inst. calc. int. IV, 465 | 1780 | lat. | 38 | 23 |
| 281 | 338 | A. Pet. **5** II, 3; Inst. calc. int. IV, 446 | 1785 | lat. | 20 | 12 |
| 346 | 339 | A. Pet. **5** II, 23 | 1785 | lat. | 22 | 13 |
| 357 / 415 | 276 / 277 | Op. anal. II, 82, 86 | 1785 | lat. | 8 | 5 |
| | | | Übertrag | | | 267 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Übertrag | | | 267 |
| 364 526 | 613 | A. Pet. **6** II, 34 | 1786 | lat. 28 | 17 |
| 421 | 278 | N. A. Pet. **4**, 96 | 1789 | lat. 8 | 5 |
| 417 | 279 | N. A. Pet. **5**, 59 | 1789 | lat. 12 | 8 |
| 419 | 280 | N. A. Pet. **5**, 71 | 1789 | lat. 15 | 9 |
| 425 | 344 | N. A. Pet. **6**, 36 | 1790 | lat. 27 | 16 |
| 209 | 356 | Inst. calc. int. IV, 36 | 1794 | lat. 12 | 9 |
| 283 | 362 | Inst. calc. int. IV, 504 | 1794 | lat. 21 | 15 |
| 267 | 395 | N. A. Pet. **13**, 3 | 1802 | lat. 11 | 7 |
| 420 | 292 | Mém. Pét. **11**, 95 | 1830 | lat. 5 | 3 |
| 418 | 293 | Mém. Pét. **11**, 100 | 1830 | lat. 2 | 1 |
| 422 | 294 | Mém. Pét. **11**, 102 | 1830 | lat. 12 | 6 |
| 416 | 295 | Mém. Pét. **11**, 114 | 1830 | lat. 11 | 6 |
| Da54 | 367 | Op. post. I, 452 | 1862 | lat. 35 | 40 |
| * | * | Op. post. I, 497, Fragm. No. 100 | 1861 | lat. 6 | 7 |
| | | | | | **416** |

## IV. Differentialgleichungen.

**Band 15.**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 256 | 399 | C. Pet. **3**, 124 | 1732 | lat. 14 | 8 |
| 249 | 387 | N. A. Erud. Lips. 1733, 369 | 1733 | lat. 5 | 3 |
| 250 | 400 | C. Pet. **6**, 168 | 1739 | lat. 7 | 4 |
| 251 | 401 | C. Pet. **6**, 231 | 1739 | lat. 16 | 9 |
| 340 341 | 246 | C. Pet. **7**, 174, 180 | 1740 | lat. 37 | 21 |
| 413 | 247 | C. Pet. **8**, 23 | 1741 | lat. 7 | 4 |
| 118 | 388 | C. Pet. **8**, 66 | 1741 | lat. 20 | 11 |
| 261 | 390 | Misc. Berl. **7**, 193 | 1743 | lat. 50 | 41 |
| 119 | 389 | C. Pet. **9**, 85 | 1744 | lat. 13 | 7 |
| 252 | 402 | C. Pet. **10**, 40 | 1747 | lat. 16 | 9 |
| 262 | 391 | N. C. Pet. **3**, 3 | 1753 | lat. 33 | 18 |
| 278 | 403 | Mém. Berlin **12**, 300 | 1758 | fr. 22 | 16 |
| 80 | 325 | N. C. Pet. **5**, 84 | 1760 | lat. 61 | 34 |
| 257 | 404 | N. C. Pet. **7**, 163 | 1761 | lat. 40 | 22 |
| 254 | 392 | N. C. Pet. **8**, 3 | 1763 | lat. 61 | 34 |
| 276 | 405 | N. C. Pet. **8**, 150 | 1763 | lat. 7 | 4 |
| 268 | 406 | N. C. Pet. **9**, 154 | 1764 | lat. 16 | 9 |
| 279 | 393 | N. C. Pet. **9**, 170 | 1764 | lat. 43 | 24 |
| 277 | 407 | Misc. Taur. **3** B, 60 | 1766 | fr. 32 | 22 |
| 169 | 301 | N. C. Pet. **11**, 3 | 1767 | lat. 25 | 14 |
| 253 | 316 | N. C. Pet. **17**, 70 | 1773 | lat. 35 | 20 |
| 271 | 408 | N. C. Pet. **17**, 105 | 1773 | lat. 20 | 11 |
| 275 | 409 | N. C. Pet. **17**, 125 | 1773 | lat. 30 | 17 |
| 184 | 166 | A. Pet. **4** II, 31 | 1784 | lat. 7 | 5 |
| 96 | 185 | Op. anal. II, 217 | 1785 | lat. 23 | 13 |
| 81 | 343 | N. A. Pet. **8**, 47 | 1788 | lat. 10 | 7 |
| 255 | 320 | N. A. Pet. **7**, 3 | 1793 | lat. 19 | 12 |
| 259 | 410 | Inst. calc. int. IV, 525 | 1794 | lat. 8 | 6 |
| | | | Übertrag | | 405 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Übertrag | | | 405 |
| 274 | 411 | Inst. calc. int. IV, 533 | 1794 | lat. | 11 | 8 |
| 260 | 322 | Inst. calc. int. IV, 544 | 1794 | lat. | 20 | 14 |
| 265 | 394 | Inst. calc. int. IV, 564 | 1794 | lat. | 14 | 10 |
| 266 | 412 | Inst. calc. int. IV, 577 | 1794 | lat. | 13 | 9 |
| 258 | 354 | N. A. Pet. **11**, 3 | 1798 | lat. | 24 | 15 |
| 263 | 396 | N. A. Pet. **14**, 52 | 1805 | lat. | 10 | 7 |
| 284 | 413 | N. A. Pet. **15**, 3 | 1806 | lat. | 26 | 17 |
| 272 | 414 | Mém. Pét. **3**, 3 | 1811 | lat. | 13 | 6 |
| 286 | 397 | Mém. Pét. **3**, 43 | 1811 | lat. | 14 | 7 |
| 264 | 398 | Mém. Pét. **4**, 43 | 1813 | lat. | 9 | 4 |
| 273 | 415 | Mém. Pét. **6**, 12 | 1818 | lat. | 18 | 8 |
| 82 | 365 | Mém. Pét. **11**, 92 | 1830 | lat. | 3 | 2 |
| 288 | 416 | Mém. Pét. **11**, 125 | 1830 | lat. | 6 | 3 |
| 285 | 417 | Mém. Pét. **11**, 131 | 1830 | lat. | 7 | 3 |
| * | * | Op. post. II, 824, Fragm. 111 | 1862 | lat. | 1 | 1 |
| | | | | | | **519** |

V. Variationsrechnung (einschliesslich der Brachistochronen).

**Band 16.**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 403 | 296 | C. Pet. **3**, 110 | 1732 | lat. | 15 | 9 |
| 383 | 297 | C. Pet. **6**, 123 | 1739 | lat. | 33 | 18 |
| 378 | 464 | C. Pet. **7**, 135 | 1740 | lat. | 15 | 9 |
| 196 | 298 | C. Pet. **8**, 159 | 1741 | lat. | 32 | 18 |
| 195 | 4 | Methodus inveniendi etc. (ohne die beiden Additamenta). Lausanne | 1744 | lat. | 246 | 183 |
| 384 | 299 | C. Pet. **10**, 164 | 1747 | lat. | 17 | 10 |
| 385 | 251 | N. C. Pet. **6**, 3 | 1761 | lat. | 34 | 19 |
| 289 | 418 | N. C. Pet. **10**, 51 | 1766 | lat. | 43 | 24 |
| 197 | 300 | N. C. Pet. **10**, 94 | 1766 | lat. | 41 | 23 |
| 290 | 419 | N. C. Pet. **16**, 35; Inst. calc. int. IV, 590 | 1772 | lat. | 36 | 20 |
| 472 | 481 | N. C. Pet. **17**, 488 | 1773 | lat. | 17 | 10 |
| 379 | 486 | A. Pet. **1** II, 70 | 1780 | lat. | 19 | 12 |
| 287 | 321 | N. A. Pet. **9**, 81 | 1795 | lat. | 17 | 11 |
| 404 | 306 | N. A. Pet. **15**, 44 | 1806 | lat. | 11 | 7 |
| 386 | 307 | Mém. Pét. **2**, 3 | 1810 | lat. | 7 | 3 |
| 199 | 308 | Mém. Pét. **3**, 16 | 1811 | lat. | 10 | 5 |
| 408 | 309 | Mém. Pét. **4**, 18 | 1813 | lat. | 25 | 12 |
| 381 | 496 | Mém. Pét. **8**, 17 | 1822 | lat. | 12 | 6 |
| 380 | 497 | Mém. Pét. **8**, 29 | 1822 | lat. | 12 | 6 |
| 382 | 498 | Mém. Pét. **8**, 41 | 1822 | lat. | 5 | 3 |
| | | | | | | **408** |

## *C. Geometrie* (2 Bände).

**Band 17 und 18.**

I. Elementare Geometrie; Trigonometrie; algebraische Kurven.

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 302 | 789 | C. Pet. **8**, 128 | 1741 | lat. | 13 | 7 |
| 317 | 204 | C. Pet. **9**, 207 | 1744 | lat. | 15 | 9 |
| 345 | 235 | Mém. Berlin **1**, 53, 71 | 1746 | fr. | 28 | 20 |
| | | | Übertrag | | | 36 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Übertrag | | | 36 |
| 310 | 205 | N. C. Pet. **1**, 49 | 1750 | lat. | 18 | 10 |
| 344 | 237 | Mém. Berlin **4**, 219 | 1750 | fr. | 15 | 11 |
| 343 | 238 | Mém. Berlin **4**, 234 | 1750 | fr. | 15 | 11 |
| 347 | 240 | N. C. Pet. **3**, 224 | 1753 | lat. | 11 | 6 |
| 332 | 209 | Mém. Berlin **9**, 223 | 1755 | fr. | 35 | 25 |
| 336 | 210 | Mém. Berlin **9**, 258 | 1755 | fr. | 36 | 26 |
| F 11 | * | Mém. Berlin **10**, 346 | 1756 | fr. | 1 | 1 |
| 318 | 207 | N. C. Pet. **4**, 109 | 1758 | lat. | 32 | 18 |
| 320 | 208 | N. C. Pet. **4**, 140 | 1758 | lat. | 21 | 12 |
| 305 | 213 | N. C. Pet. **11**, 67 | 1767 | lat. | 36 | 20 |
| 306 | 214 | N. C. Pet. **11**, 103 | 1767 | lat. | 21 | 12 |
| 319 | 217 | A. Pet. **2** I, 3 | 1780 | lat. | 17 | 11 |
| 334 | 218 | A. Pet. **2** II, 31 | 1781 | lat. | 24 | 15 |
| 333 | 219 | A. Pet. **3** I, 72 | 1782 | lat. | 15 | 9 |
| 443 | 521 | A. Pet. **3** II, 116 | 1783 | lat. | 30 | 18 |
| 316 | 220 | A. Pet. **4** I, 91 | 1783 | lat. | 6 | 4 |
| 367 | 242 | A. Pet. **5** I, 48 | 1784 | lat. | 12 | 8 |
| 303 | 221 | A. Pet. **6** I, 3 | 1786 | lat. | 16 | 10 |
| 311 | 222 | N. A. Pet. **6**, 95 | 1790 | lat. | 7 | 5 |
| 304 | 223 | N. A. Pet. **9**, 154 | 1795 | lat. | 12 | 8 |
| 335 | 224 | N. A. Pet. **10**, 47 | 1797 | lat. | 16 | 10 |
| 307 | 226 | Mém. Pét. **1**, 26 | 1809 | lat. | 23 | 11 |
| 308 | 227 | Mém. Pét. **1**, 49 | 1809 | lat. | 39 | 18 |
| 312 | 229 | Mém. Pét. **2**, 17 | 1810 | lat. | 12 | 6 |
| 309 | 231 | Mém. Pét. **5**, 96 | 1815 | lat. | 19 | 9 |
| * | * | Op. post. I, 502, Fragm. 101—104 | 1862 | lat. | 3 | 4 |

## II. Anwendungen der Differential- und Integralrechnung auf die Geometrie.

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 395 a / Db 7 | 244 | A. Erud. Lips. 1727, 408 | 1727 | lat. | 5 | 3 |
| 387 | 243 | C. Pet. **2**, 90 | 1729 | lat. | 22 | 12 |
| 374 | 461 | C. Pet. **5**, 143 | 1738 | lat. | 17 | 10 |
| 388 | 245 | C. Pet. **5**, 169 | 1738 | lat. | 6 | 4 |
| 372 | 463 | C. Pet. **6**, 28 | 1739 | lat. | 9 | 5 |
| 409 | 234 | N. A. Erud. Lips. 1744, 315 | 1744 | lat. | 22 | 9 |
| 431 | 248 | C. Pet. **12**, 3 | 1750 | lat. | 50 | 28 |
| 436 | 236 | N. C. Pet. **1**, 3 | 1750 | lat. | 17 | 10 |
| 389 | 250 | Op. var. arg. III, 54 | 1751 | lat. | 34 | 21 |
| 428 | 239 | Mém. Berlin **5**, 203 | 1751 | lat. | 19 | 14 |
| 362 | 241 | Mém. Berlin **10**, 173 | 1756 | fr. | 27 | 19 |
| 410 | 253 | N. C. Pet. **10**, 135 | 1766 | lat. | 21 | 12 |
| 366 | 254 | N. C. Pet. **10**, 179 | 1766 | lat. | 20 | 11 |
| 433 | 252 | Mém. Berlin **16**, 119 | 1767 | fr. | 25 | 18 |
| 426 | 255 | N. C. Pet. **12**, 17 | 1768 | lat. | 25 | 14 |
| 368 | 256 | N. C. Pet. **13**, 3 | 1769 | lat. | 64 | 36 |
| 392 | 257 | N. C. Pet. **14** I, 46 | 1770 | lat. | 26 | 15 |
| | | | Übertrag | | | 575 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Übertrag | | 575 | |
| 434 | 258 | N. C. Pet. **14** I, 104 | 1770 lat. | 25 | 14 | |
| 405 | 259 | N. C. Pet. **15**, 195 | 1771 lat. | 22 | 12 | |
| 438 | 260 | N. C. Pet. **16**, 3 | 1772 lat. | 32 | 18 | |
| 359 | 261 | N. C. Pet. **16**, 140 | 1772 lat. | 20 | 11 | |
| 391 | 262 | N. C. Pet. **17**, 205 | 1773 lat. | 44 | 25 | |
| 358 | 266 | A. Pet. **2** II, 3 | 1781 lat. | 28 | 17 | |
| 349 | 303 | A. Pet. **4** II, 3 | 1784 lat. | 15 | 9 | |
| 407 | 267 | A. Pet. **5** I, 60 | 1784 lat. | 14 | 9 | |
| {401 {402 | 269 | A. Pet. **6** I, 19, 37 | 1786 lat. | 39 | 24 | |
| 394 | 268 | A. Pet. **6** II, 3 | 1786 lat. | 31 | 19 | |
| 393 | 270 | N. A. Pet. **1**, 3 | 1787 lat. | 44 | 28 | |
| 432 | 271 | N. A. Pet. **1**, 75 | 1787 lat. | 42 | 27 | |
| 337 | 263 | A. Pet. **1** I, 107 | 1778 lat. | 26 | 16 | |
| 339 | 264 | A. Pet. **1** I, 133 | 1778 lat. | 10 | 6 | |
| 338 | 265 | A. Pet. **1** I, 143 | 1778 lat. | 11 | 7 | |
| 398 | 272 | N. A. Pet. **2**, 3 | 1788 lat. | 25 | 16 | |
| 399 | 273 | N. A. Pet. **2**, 28 | 1788 lat. | 8 | 5 | |
| 406 | 274 | N. A. Pet. **3**, 57 | 1788 lat. | 12 | 8 | |
| 437 | 275 | N. A. Pet. **3**, 69 | 1788 lat. | 21 | 14 | |
| 427 | 281 | N. A. Pet. **6**, 63 | 1790 lat. | 14 | 9 | |
| 411 | 282 | N. A. Pet. **6**, 77 | 1790 lat. | 18 | 12 | |
| {198 {429 | 283 | N. A. Pet. **7**, 83 | 1793 lat. | 4 | 3 | |
| 360 | 284 | N. A. Pet. **8**, 73 | 1794 lat. | 14 | 9 | |
| 361 | 285 | N. A. Pet. **8**, 87 | 1794 lat. | 29 | 19 | |
| 356 | 286 | N. A. Pet. **8**, 116 | 1794 lat. | 24 | 15 | |
| 351 | 304 | N. A. Pet. **9**, 132 | 1795 lat. | 14 | 9 | |
| 350 | 305 | N. A. Pet. **9**, 146 | 1795 lat. | 8 | 5 | |
| 435 | 287 | N. A. Pet. **10**, 41 | 1797 lat. | 6 | 4 | |
| 439 | 288 | N. A. Pet. **12**, 91 | 1801 lat. | 10 | 6 | |
| 395 | 289 | Mém. Pét. **7**, 33 | 1820 lat. | 28 | 13 | |
| 396 | 499 | Mém. Pét. **9**, 20 | 1824 lat. | 15 | 7 | |
| 397 | 500 | Mém. Pét. **9**, 35 | 1824 lat. | 12 | 6 | |
| 430 | 290 | Mém. Pét. **9**, 47 | 1824 lat. | 10 | 5 | |
| 412 | 291 | Mém. Pét. **10**, 16 | 1830 lat. | 11 | 5 | |
| E 4 | 311 | Op. post. I, 403 | 1862 lat. | 5 | 6 | |
| E 5 | 366 | Op. post. I, 439 | 1862 lat. | 13 | 15 | |
| * | * | Op. post. I, 494, Fragm. No. 97 | 1862 lat. | 2 | 3 | |
| * | * | Op. post. I, 496; Fragm. No. 99 | 1862 lat. | ½ | 1 | |
| * | * | Op. post. I, 514; Fragm. No. 110 | 1862 lat. | 5 | 6 | |
| | | | | | **1018** | |

**Anmerkung.** Geometrische Fragen werden auch vielfach in der Analysis behandelt; im Besonderen enthält der zweite Teil der Introductio (Band 6) eine Darstellung der analytischen Geometrie der Ebene und des Raumes.

## Zweite Reihe: Mechanik; Astronomie.

### *A. Mechanik* (11 Bände).

#### I. Lehrbücher.

**Band 1.**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 441 | 420 | Mechanica sive motus scientia analytice exposita, 2 Bde. St. Petersburg . . . . . | 1736 | lat. | 1004 | 482 |
| | | | | | | **482** |

**Band 2.**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 442 | 421 | Theoria motus corporum solidorum seu rigidorum. Rostock . . . . . | 1765 | lat. | 550 | 480 |
| Da 17 | 452 | Statica, Op. post. II, 3 . . . . . | 1862 | lat. | 36 | 41 |
| | | | | | | **521** |

#### II. Prinzipien der Mechanik.

**Band 3.**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 546 | 462 | C. Pet. **5**, 159 . . . . . | 1738 | lat. | 10 | 6 |
| 195 | 4 | Methodus inveniendi, Additamentum II. Lausanne | 1744 | lat. | 10 | 8 |
| 547 | 466 | C. Pet. **9**, 50 . . . . . | 1744 | lat. | 27 | 15 |
| 742 743 | 791 | Op. var. arg. I, 287 . . . . . | 1746 | fr. | 14 | 8 |
| 548 | 471 | Mém. Berlin **1**, 21 . . . . . | 1746 | fr. | 33 | 23 |
| 534 | 429 | Mém. Berlin **4**, 149 . . . . . | 1750 | fr. | 40 | 28 |
| 533 | 430 | Mém. Berlin **4**, 189 . . . . . | 1750 | fr. | 30 | 21 |
| 746 | 793 | Mém. Berlin **4**, 324 . . . . . | 1750 | fr. | 10 | 7 |
| 535 | 432 | Mém. Berlin **6**, 419 . . . . . | 1752 | fr. | 29 | 21 |
| 450 | 433 | Mém. Berlin **6**, 520 . . . . . | 1752 | fr. | 13 | 9 |
| 445 | 434 | Mém. Berlin **7**, 169 . . . . . | 1753 | fr. | 30 | 21 |
| 446 | 435 | Mém. Berlin **7**, 199 . . . . . | 1753 | fr. | 20 | 14 |
| 447 448 | 436 | Mém. Berlin **7**, 219, 240 . . . . . | 1753 | fr. | 27 | 19 |
| 451 | 437 | Mém. Berlin **7**, 246 . . . . . | 1753 | fr. | 9 | 7 |
| Da 18 | 453 | Op. post. II, 39 . . . . . | 1862 | lat. | 4 | 5 |

**Anmerkung.** Das Werk 449, 422 Dissertatio de principio minimae actionis, Berlin 1753, enthält die Abhandlungen No. 446, 447, 448, sowie den lateinischen Text derselben Abhandlungen und braucht daher nicht abgedruckt zu werden; überhaupt sollten Abhandlungen, von denen zwei Ausgaben in verschiedenen Sprachen vorhanden sind, nur einmal aufgenommen werden.

#### III. Mechanik materieller Punkte.

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 377a | 457 | A. Erud. Lips. 1726, 361 . . . . . | 1726 | lat. | 3 | 2 |
| 369 | 458 | C. Pet. **2**, 126 . . . . . | 1729 | lat. | 13 | 7 |
| 370 | 459 | C. Pet. **4**, 49 . . . . . | 1735 | lat. | 18 | 10 |
| 371 | 460 | C. Pet. **4**, 67 . . . . . | 1735 | lat. | 23 | 13 |
| | | | | Übertrag | | 244 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Übertrag | | | 244 |
| 471 | 472 | Op. var. arg. I, 1 | 1746 | lat. | 136 | 78 |
| 536 | 467 | C. Pet. **10**, 102 | 1747 | lat. | 14 | 8 |
| 373 | 475 | N. C. Pet. **10**, 156 | 1766 | lat. | 23 | 13 |
| 538 | 443 | N. C. Pet. **10**, 207 | 1766 | lat. | 36 | 20 |
| 542 | 444 | N. C. Pet. **11**, 144 | 1767 | lat. | 8 | 5 |
| 539 | 445 | N. C. Pet. **11**, 152 | 1767 | lat. | 33 | 18 |
| 537 | 506 | Mém. Berlin **16**, 228 | 1767 | fr. | 22 | 16 |
| 377 | 478 | N. C. Pet. **17**, 333 | 1773 | lat. | 16 | 9 |
| 375 | 479 | N. C. Pet. **17**, 349 | 1773 | lat. | 13 | 7 |
| 376 | 480 | N. C. Pet. **17**, 362 | 1773 | lat. | 19 | 11 |
| 491 | 487 | A. Pet. **1** II, 159 | 1780 | lat. | 24 | 15 |
| 463 | 519 | A. Pet. **2** II, 162 | 1781 | lat. | 8 | 5 |
| 493 | 489 | A. Pet. **3** II, 95 | 1783 | lat. | 11 | 7 |
| 452 | 520 | A. Pet. **3** II, 106 | 1783 | lat. | 10 | 6 |
| 464 | 522 | A. Pet. **4** I, 107 | 1783 | lat. | 12 | 8 |
| 400 | 493 | N. A. Pet. **3**, 111 | 1788 | lat. | 15 | 10 |
| 541 | 494 | N. A. Pet. **3**, 126 | 1788 | lat. | 16 | 10 |
| 476 | 531 | N. A. Pet. **13**, 64 | 1802 | lat. | 6 | 4 |
| 475 | 532 | Mém. Pét. **7**, 23 | 1820 | lat. | 9 | 5 |
| 473 | 533 | Mém. Pét. **10**, 7 | 1826 | lat. | 9 | 4 |
| Da 25 | 455 | Op. post. II, 63 | 1862 | lat. | 11 | 13 |
| Da 23 | 534 | Op. post. II, 74 | 1862 | lat. | 11 | 13 |
| Da 22 | 535 | Op. post. II, 85 | 1862 | fr. | 29 | 33 |
| Da 24 | 536 | Op. post. II, 114 | 1862 | lat. | 11 | 13 |
| | | | | | | **575** |

IV. Mechanik starrer Körper (einschliesslich Präzession und Nutation).

**Band 4.**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 677 | 697 | Mém. Berlin **5**, 289 | 1751 | fr. | 37 | 26 |
| 444 | 431 | Mém. Berlin **6**, 185 | 1752 | fr. | 33 | 23 |
| 678 | 700 | Mém. Berlin **6**, 412 | 1752 | fr. | 1 | 1 |
| 489 | 473 | N. C. Pet. **3**, 286 | 1753 | lat. | 21 | 12 |
| 440 | 439 | Mém. Berlin **14**, 131 | 1765 | fr. | 23 | 16 |
| 477 | 440 | Mém. Berlin **14**, 154 | 1765 | fr. | 40 | 28 |
| 618 | 740 | Mém. Berlin **14**, 194 | 1765 | fr. | 25 | 18 |
| 606 | 741 | Mém. Berlin **15**, 265 | 1766 | fr. | 45 | 32 |
| 629 | 747 | N. C. Pet. **13**, 202 | 1769 | lat. | 40 | 22 |
| 478 | 441 | Mém. Berlin **16**, 176 | 1767 | fr. | 52 | 37 |
| 479 | 476 | N. C. Pet. **17**, 272 | 1773 | lat. | 43 | 24 |
| 480 | 477 | N. C. Pet. **17**, 315 | 1773 | lat. | 18 | 10 |
| 545 | 483 | N. C. Pet. **18** 289 | 1774 | lat. | 41 | 23 |
| 490 | 484 | N. C. Pet. **19**, 285 | 1775 | lat. | 17 | 10 |
| 496 | 511 | N. C. Pet. **19**, 302 | 1775 | lat. | 23 | 13 |
| 497 | 512 | N. C. Pet. **19**, 325 | 1775 | lat. | 15 | 9 |
| 468 | 447 | N. C. Pet. **20**, 189 | 1776 | lat. | 19 | 11 |
| 469 | 448 | N. C. Pet. **20**, 208 | 1776 | lat. | 31 | 17 |
| 486 | 517 | A. Pet. **2** II, 137 | 1781 | lat. | 13 | 8 |
| | | | Übertrag | | | 340 |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Übertrag | | | | 340 |
| 462 | 518 | A. Pet. **2** II, 150 | 1781 | lat. | 12 | 8 |
| 492 | 488 | A. Pet. **3** I, 89 | 1782 | lat. | 14 | 9 |
| 494 | 523 | A. Pet. **4** II, 133 | 1784 | lat. | 31 | 19 |
| 495 | 524 | A. Pet. **4** II, 164 | 1784 | lat. | 11 | 7 |
| 474 | 525 | A. Pet. **6** I, 117 | 1786 | lat. | 40 | 24 |
| 481 | 526 | A. Pet. **6** II, 107 | 1786 | lat. | 41 | 25 |
| 466 | 527 | N. A. Pet. **1**, 119 | 1787 | lat. | 21 | 14 |
| 465 | 528 | N. A. Pet. **3**, 142 | 1788 | lat. | 7 | 5 |
| 487 | 529 | N. A. Pet. **4**, 131 | 1789 | lat. | 17 | 11 |
| 470 | 530 | N. A. Pet. **5**, 149 | 1789 | lat. | 27 | 17 |
| 488 | 495 | N. A. Pet. **6**, 145 | 1790 | lat. | 7 | 5 |
| 543 | 450 | N. A. Pet. **7**, 191 | 1793 | lat. | 14 | 9 |
| 544 | 451 | N. A. Pet. **7**, 205 | 1793 | lat. | 10 | 7 |
| F 8 | * | Hindenburgs Archiv **1**, 74 | 1794 | deutsch | 7 | 4 |
| Da 26 | 454 | Op. post. II, 43 | 1862 | lat. | 20 | 23 |
| | | | | | | **527** |

## V. Mechanik biegsamer und elastischer Körper.

**Band 5.**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 363 526 | 591 | C. Pet. **8**, 70 | 1732 | lat. | 15 | 9 |
| 482 | 428 | C. Pet. **7**, 99 | 1740 | lat. | 24 | 14 |
| 483 | 465 | C. Pet. **8**, 30 | 1741 | lat. | 18 | 10 |
| 195 | 4 | Methodus inveniendi, Additamentum I. Lausanne | 1744 | lat. | 66 | 39 |
| 290a | 592 | N. A. Erud. Lips. 1746, 92 | 1746 | lat. | 3 | 2 |
| 520 520a | 594 | N. A. Erud. Lips. 1749, 512; Mém. Berlin **4**, 69 (1750) | 1749 | lat. | 15 | 11 |
| 484 | 468 | C. Pet. **11**, 128 | 1750 | lat. | 22 | 12 |
| 508 | 593 | N. C. Pet. **1**, 67 | 1750 | lat. | 39 | 22 |
| 485 | 469 | C. Pet. **13**, 124 | 1751 | lat. | 43 | 24 |
| 457 | 470 | C. Pet. **14**, 182 | 1751 | lat. | 15 | 9 |
| 455 | 503 | Op. var. arg. III, 88 | 1751 | lat. | 78 | 47 |
| 521 | 595 | Mém. Berlin **9**, 196 | 1755 | fr. | 27 | 19 |
| 507 | 596 | Misc. Taur. **2** B, 1 | 1761 | fr. | 10 | 7 |
| 523 | 474 | N. C. Pet. **9**, 215 | 1764 | lat. | 31 | 17 |
| 516 | 597 | N. C. Pet. **9**, 246 | 1764 | lat. | 59 | 33 |
| F 6 | * | Journ. encycl. **2** III, 114 | 1765 | fr. | 14 | 7 |
| 511 | 598 | Misc. Taur. **3** B, 1 | 1766 | fr. | 26 | 18 |
| 517 | 599 | Misc. Taur. **3** B, 27 | 1766 | fr. | 33 | 22 |
| | | | | | | **322** |

**Band 6.**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 527 | 622 | N. C. Pet. **10**, 243 | 1766 | lat. | 18 | 10 |
| 528 | 623 | N. C. Pet. **10**, 261 | 1766 | lat. | 21 | 12 |
| 519 | 600 | Mém. Berlin **21**, 307 | 1767 | fr. | 28 | 20 |
| 461 | 601 | N. C. Pet. **13**, 259 | 1769 | lat. | 46 | 26 |
| 453 | 446 | N. C. Pet. **15**, 381 | 1771 | lat. | 33 | 18 |
| 509 | 602 | N. C. Pet. **17**, 381 | 1773 | lat. | 29 | 16 |
| 513 | 603 | N. C. Pet. **17**, 410 | 1773 | lat. | 12 | 7 |
| | | | Übertrag | | | 109 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Übertrag | | | 109 |
| 514 | 604 | N. C. Pet. **17**, 422 | 1773 | lat. | 10 | 6 |
| 515 | 605 | N. C. Pet. **17**, 432 | 1773 | lat. | 17 | 10 |
| 524 | 606 | N. C. Pet. **17**, 449 | 1773 | lat. | 39 | 22 |
| 498 | 482 | N. C. Pet. **18**, 268 | 1774 | lat. | 21 | 12 |
| 510 | 607 | N. C. Pet. **19**, 340 | 1775 | lat. | 31 | 17 |
| 454 | 449 | N. C. Pet. **20**, 286 | 1776 | lat. | 18 | 10 |
| 458 | | | | | | |
| 459 | 485 | N. C. Pet. **20**, 304, 327 | 1776 | lat. | 39 | 22 |
| 525 | 608 | A. Pet. **3** I, 103 | 1782 | lat. | 59 | 36 |
| 512 | 609 | A. Pet. **3** II, 116 | 1783 | lat. | 10 | 6 |
| 365 | 610 | A. Pet. **3** II, 188 | 1783 | lat. | 5 | 3 |
| 518 | 611 | A. Pet. **4** II, 99 | 1784 | lat. | 34 | 21 |
| 499 | 490 | A. Pet. **5** I, 157 | 1784 | lat. | 21 | 13 |
| 522 | 612 | A. Pet. **5** I, 178 | 1784 | lat. | 13 | 8 |
| 460 | 491 | A. Pet. **6** II, 148 | 1786 | lat. | 22 | 14 |
| 467 | 492 | N. A. Pet. **2**, 103 | 1788 | lat. | 18 | 12 |
| Da 21 | 614 | Op. post. II, 125 | 1862 | lat. | 4 | 5 |
| Da 20 | 615 | Op. post. II, 129 | 1862 | lat. | 3 | 4 |
| | | | | | | **330** |

## VI. Mechanik flüssiger und luftförmiger Körper.

**Band 7.**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 734 | 539 | C. Pet. **2**, 347 | 1729 | lat. | 22 | 12 |
| 732 | 540 | Pièces cour. de Paris, **4** IX. Prix de 1740, 235 (1752)*) | 1741 | lat. | 116 | 80 |
| 562 | 541 | Mém. Berlin **11**, 217 | 1757 | fr. | 57 | 40 |
| 564 | 542 | Mém. Berlin **11**, 274 | 1757 | fr. | 42 | 30 |
| 565 | 543 | Mém. Berlin **11**, 316 | 1757 | fr. | 46 | 33 |
| 566 | 544 | N. C. Pet. **6**, 271 | 1761 | lat. | 41 | 23 |
| 573 | 579 | N. C. Pet. **6**, 312 | 1761 | lat. | 26 | 15 |
| 575 | 580 | N. C. Pet. **6**, 338 | 1761 | lat. | 51 | 28 |
| 576 | 581 | N. C. Pet. **8**, 197 | 1763 | lat. | 33 | 18 |
| 571 | 545 | Mém. Berlin **16**, 101 | 1767 | fr. | 18 | 13 |
| 569 | 546 | N. C. Pet. **11**, 232 | 1767 | lat. | 36 | 20 |
| 563 | 547 | N. C. Pet. **13**, 305 | 1769 | lat. | 112 | 63 |
| 567 | 548 | N. C. Pet. **14** I, 270 | 1770 | lat. | 117 | 65 |
| 568 | 549 | N. C. Pet. **15**, 219 | 1771 | lat. | 42 | 23 |
| 501 | 550 | N. C. Pet. **16**, 281 | 1772 | lat. | 145 | 80 |
| 570 | 551 | A. Pet. **1** I, 190 | 1778 | lat. | 5 | 3 |
| 735 | 552 | A. Pet. **3** I, 162 | 1782 | lat. | 26 | 16 |
| 733 | 553 | A. Pet. **4** I, 132 | 1783 | lat. | 22 | 14 |
| De 2 | 554 | Mém. Paris, Année 1781, 265 | 1784 | fr. | 3 | 2 |
| Da 45 | 555 | Op. post. II, 790 | 1862 | fr. | 3 | 4 |
| Da 47 | 556 | Op. post. II, 793 | 1862 | lat. | 5 | 6 |
| | | | | | | **588** |

*) Bei den Pariser Preisarbeiten ist hier und im Folgenden als Jahreszahl des Erscheinens das Jahr des Originaldrucks der Abhandlung angegeben worden, sobald solche Sonderabdrücke ermittelt werden konnten. Die Zahl in Klammern bedeutet das Jahr, in dem der betreffende Sammelband von Preisschriften veröffentlicht wurde.

## VII. Angewandte Mechanik.

*Erste Abteilung: Selbständige Werke.*

**Band 8.**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 594 | 770 | Scientia navalis. St. Petersburg . . . . . | 1749 | lat. | 1022 | 562 |
| | | | | | | **562** |

**Band 9.**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 595 | 771 | Théorie complette de la construction et de la manœuvre des vaisseaux. St. Petersburg . . | 1773 | fr. | 368 | 124 |
| 602 | 769 | B. Robins, Neue Grundsätze der Artillerie, aus dem Englischen übersetzt von Leonhard Euler. Berlin . . . . . | 1745 | deutsch | 736 | 296 |
| | | | | | | **420** |

*Zweite Abteilung: Abhandlungen.*

**Band 10.**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 601 | 504 | Pièces cour. de Paris **2**, I. Prix de 1727 (1752) | 1728 | fr. | 48 | 29 |
| 561a | 568 | Pièces cour. de Paris **5**, II. Prix de 1741, 29 (1752) | 1745 | fr. | 57 | 35 |
| 559 | 557 | C. Pet. **10**, 3 . . . . . | 1747 | lat. | 16 | 9 |
| 599 | 501 | C. Pet. **10**, 22 . . . . . | 1747 | lat. | 18 | 10 |
| 557 | 558 | C. Pet. **10**, 67 . . . . . | 1747 | lat. | 28 | 16 |
| 600 | 502 | Mém. Berlin **3**, 180 . . . . . | 1749 | fr. | 34 | 24 |
| 597 | 561 | N. C. Pet. **1**, 106 . . . . . | 1750 | lat. | 18 | 10 |
| 549 | 562 | Mém. Berlin **4**, 122 . . . . . | 1750 | fr. | 11 | 8 |
| 550 | 563 | Mém. Berlin **4**, 133 . . . . . | 1750 | fr. | 16 | 12 |
| 552 | 559 | C. Pet. **13**, 197 . . . . . | 1751 | lat. | 23 | 13 |
| 553 | 560 | C. Pet. **13**, 220 . . . . . | 1751 | lat. | 35 | 20 |
| 578 | 564 | Mém. Berlin **6**, 311 . . . . . | 1752 | fr. | 44 | 31 |
| 556 | 565 | N. C. Pet. **3**, 254 . . . . . | 1753 | lat. | 32 | 18 |
| 579 | 566 | Mém. Berlin **7**, 271 . . . . . | 1753 | fr. | 34 | 24 |
| 585 | 567 | Mém. Berlin **7**, 305 . . . . . | 1753 | fr. | 26 | 19 |
| 574 | 569 | Mém. Berlin **8**, 111 . . . . . | 1754 | fr. | 38 | 27 |
| 583 | 570 | Mém. Berlin **8**, 149 . . . . . | 1754 | fr. | 36 | 26 |
| 584 | 571 | Mém. Berlin **8**, 185 . . . . . | 1754 | fr. | 32 | 23 |
| 390 | 438 | Mém. Berlin **9**, 321 . . . . . | 1755 | fr. | 24 | 17 |
| 580 | 573 | Mém. Berlin **10**, 227 . . . . . | 1756 | fr. | 69 | 49 |
| | | | | | | **420** |

**Band 11.**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 587 | 572 | N. C. Pet. **4**, 41 . . . . . | 1758 | lat. | 68 | 38 |
| 586 | 576 | Mém. Berlin **12**, 165 . . . . . | 1758 | fr. | 70 | 49 |
| 588 | 505 | Mém. Berlin **13**, 252 . . . . . | 1759 | fr. | 31 | 22 |
| 581 | 574 | N. C. Pet. **5**, 259 . . . . . | 1760 | lat. | 40 | 22 |
| 560 | 575 | N. C. Pet. **5**, 299 . . . . . | 1760 | lat. | 18 | 10 |
| 555 | 578 | N. C. Pet. **6**, 233 . . . . . | 1761 | lat. | 38 | 21 |
| 558 | 582 | N. C. Pet. **8**, 230 . . . . . | 1763 | lat. | 24 | 14 |
| 592 | 507 | N. C. Pet. **9**, 352 . . . . . | 1764 | lat. | 27 | 15 |
| | | | | Übertrag | | 191 |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Übertrag | | | | 191 |
| 561 | 584 | N. C. Pet. **11**, 207 | 1767 | lat. | 25 | 14 |
| 551 | 583 | Mém. Berlin **18**, 265 | 1769 | fr. | 14 | 10 |
| 603 | 508 | N. C. Pet. **15**, 414 | 1771 | lat. | 23 | 13 |
| 598 | 509 | Pièces cour. de Paris **8**, I. Prix de 1753 | 1771 | lat. | 47 | 29 |
| 596 | 510 | Pièces cour. de Paris **8**, V. Prix de 1759 | 1771 | fr. | 47 | 29 |
| 593 | 513 | N. C. Pet. **20**, 271 | 1776 | lat. | 15 | 9 |
| 589 | 514 | A. Pet. **2** I, 121 | 1780 | lat. | 25 | 15 |
| 590 | 515 | A. Pet. **2** I, 146 | 1780 | lat. | 17 | 11 |
| 591 | 516 | A. Pet. **2** I, 163 | 1780 | lat. | 31 | 19 |
| 577 | 585 | Mém. Paris, Année 1778, 597 | 1781 | fr. | 6 | 4 |
| 572 | 586 | A. Pet. **4** I, 119 | 1783 | lat. | 13 | 8 |
| 554 | 587 | A. Pet, **5** II, 131 | 1785 | lat. | 45 | 27 |
| Da 19 | 588 | Op. post. II, 132 | 1862 | deutsch | 14 | 16 |
| Da 59 | 589 | Op. post. II, 146 | 1862 | fr. | 28 | 32 |
| 753 | 590 | Op. post. II, 561 | 1862 | lat. | 6 | 7 |
| Da 36 | 537 | Op. post. II, 800 | 1862 | lat. | 5 | 6 |
| 752 | 538 | Op. post. II, 814 | 1862 | lat. | 10 | 12 |
| | | | | | | **452** |

## *B. Astronomie* (5 Bände).

### I. Allgemeine Untersuchungen zum Dreikörperproblem.

**Band 12.**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 655 | 689 | Recherches sur la question des inégalités du mouvement de Saturne et Jupiter, Paris. Pièces cour. de Paris **6** (1752) | 1749 | fr. | 125 | 88 |
| 605 | 734 | Mém. Berlin **3**, 93 | 1749 | fr. | 51 | 36 |
| 608 | 739 | N. C. Pet. **4**, 161 | 1758 | lat. | 36 | 20 |
| 607 | 744 | N. C. Pet. **10**, 544 | 1766 | lat. | 15 | 9 |
| 609 | 745 | N. C. Pet. **12**, 129 | 1768 | lat. | 37 | 21 |
| 610 | 746 | N. C. Pet. **13**, 159 | 1769 | lat. | 43 | 24 |
| 611 | 742 | Mém. Berlin **19**, 141 | 1770 | fr. | 39 | 28 |
| 540 | 442 | Mém. Berlin **19**, 194 | 1770 | fr. | 27 | 19 |
| 617 | 749 | Pièces cour. de Paris **8**, III. Prix de 1756 | 1771 | lat. | 138 | 93 |
| 616 | 761 | A. Pet. **4** I, 255 | 1783 | lat. | 25 | 15 |
| 631 | 762 | A. Pet. **4** I, 280 | 1783 | lat. | 23 | 14 |
| 620 | 763 | A. Pet. **5** I, 297 | 1784 | lat. | 44 | 27 |
| 756 | 765 | Op. post. II, 177 | 1862 | lat. | 140 | 159 |
| Da 29 | 768 | Op. post. II, 416 | 1862 | fr. | 31 | 35 |
| | | | | | | **588** |

### II. Spezielle Bahnbestimmungen.

**Band 13.**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 639 | 684 | Theoria motus lunae. Berlin | 1753 | lat. | 355 | 188 |
| 640 | 686 | Theoria motuum lunae, nova methodo pertractata. St. Petersburg | 1772 | lat. | 791 | 317 |
| | | | | | | **505** |

**Anmerkung.** Das Werk 684, 685 Novae tabulae lunares. St. Petersburg 1772, ist nur ein Auszug aus der Theoria motuum lunae und braucht daher nicht abgedruckt zu werden.

**Band 14.**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 614 | 727 | C. Pet. **7**, 67 | 1740 | lat. | 19 | 11 |
| 667 | 710 | C. Pet. **7**, 86 | 1740 | lat. | 11 | 6 |
| 625 | 728 | C. Pet. **7**, 97 | 1740 | lat. | 2 | 1 |
| 665 | 730 | Misc. Berl. **7**, 1 | 1743 | lat. | 97 | 78 |
| 604 | 687 | Theoria motuum planetarum et cometarum. Berlin | 1744 | lat. | 187 | 103 |
| 660 661 | 688 | Beantwortung verschiedener Fragen über die ... Kometen. Berlin | 1744 | deutsch | 148 | 54 |
| 681 682 683 | 711 | Op. var. arg. I, 137 | 1746 | lat. | 32 | 19 |
| 621 | 731 | Op. var. arg. I, 245 | 1746 | lat. | 32 | 19 |
| 664 | 732 | Mém. Berlin **2**, 117 | 1748 | fr. | 24 | 17 |
| 624 | 733 | Mém. Berlin **2**, 225 | 1748 | fr. | 24 | 17 |
| 680 | 729 | C. Pet. **12**, 109 | 1750 | lat. | 13 | 7 |
| 653 | 714 | N. C. Pet. **1**, 387 | 1750 | lat. | 41 | 23 |
| 630 | 735 | N. C. Pet. **1**, 428 | 1750 | lat. | 16 | 9 |
| 628 | 736 | Phil. Trans. **46**, 203 | 1752 | engl. | 3 | 2 |
| 622 | 737 | Phil. Trans. **46**, 356 | 1752 | engl. | 4 | 3 |
| 657 | 748 | Pièces cour. de Paris **7**, II. Prix de 1752 | 1769 | fr. | 84 | 59 |
| 643 | 720 | N. C. Pet. **13**, 120 | 1769 | lat. | 39 | 22 |
| | | | | | | **450** |

**Band 15.**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 666 | 690 | Recherches et calculs sur la Comète de 1769. St. Petersburg | 1770 | fr. | 154 | 80 |
| 644 | 718 | Mém. Berlin **19**, 180 | 1770 | fr. | 14 | 10 |
| 654 | 719 | Mém. Berlin **19**, 221 | 1770 | fr. | 14 | 10 |
| 656 | 743 | Mém. Berlin **19**, 311 | 1770 | fr. | 28 | 20 |
| 621a | 750 | Pièces cour. de Paris **8**, VI. Prix de 1760 | 1771 | lat. | 42 | 30 |
| 632 | 751 | N. C. Pet. **16**, 426 | 1772 | lat. | 42 | 23 |
| 612 | 752 | N. C. Pet. **18**, 354 | 1774 | lat. | 23 | 13 |
| 663 | 753 | N. C. Pet. **19**, 499 | 1775 | lat. | 50 | 28 |
| 641 | 721 | Pièces cour. de Paris **9**, VII Prix de 1770 | 1777 | fr. | 94 | 57 |
| 646 | 722 | Pièces cour. de Paris **9**, VII Prix de 1772 | 1777 | fr. | 38 | 23 |
| 642 | 723 | A. Pet. **1** II, 281 | 1780 | lat. | 47 | 29 |
| 633 | 756 | A. Pet. **2** I, 297 | 1780 | lat. | 11 | 7 |
| 634 | 757 | A. Pet. **2** I, 308 | 1780 | lat. | 10 | 6 |
| 613 | 758 | A. Pet. **2** II, 277 | 1781 | lat. | 26 | 16 |
| 615 | 759 | A. Pet. **3** II, 295 | 1783 | lat. | 40 | 24 |
| 662 | 760 | A. Pet. **4** I, 243 | 1783 | lat. | 12 | 8 |
| Da 30 | 766 | Op. post. II, 317 | 1862 | lat. | 16 | 18 |
| Da 32 | 724 | Op. post. II. 325 | 1862 | fr. | 19 | 22 |
| Da 33 | 725 | Op. post. II, 354 | 1862 | lat. | 11 | 13 |
| Da 34 | 726 | Op. post. II, 365 | 1862 | lat. | 26 | 30 |
| Da 35 | 767 | Op. post. II, 402 | 1862 | lat. | 14 | 16 |
| | | | | | | **483** |

III. Sphärische Astronomie; Parallaxe; Astrophysik.

**Band 16.**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 635 | 691 | C. Pet. **4**, 98 | 1735 | lat. | 4 | 3 |
| F2 | * | Leonhardi Euleri De Indorum anno solari astronomico, in: Th. S. Bayer, Historia regni Graecorum Bactriani. St. Petersburg | 1738 | lat. | 13 | 7 |
| 671 | 692 | C. Pet. **8**, 48 | 1741 | lat. | 18 | 10 |
| 676 | 694 | Mém. Berlin **2**, 141 | 1748 | fr. | 41 | 29 |
| 650 | 712 | Mém. Berlin **3**, 154 | 1749 | fr. | 20 | 14 |
| 649 | 695 | Mém. Berlin **3**, 174 | 1749 | fr. | 4 | 3 |
| 638 | 696 | Mém. Berlin **3**, 178 | 1749 | fr. | 2 | 2 |
| 670 | 713 | Mém. Berlin **3**, 250 | 1749 | fr. | 24 | 17 |
| 651 | 715 | Mém. Berlin **4**, 86 | 1750 | fr. | 13 | 9 |
| 648 | 716 | Mém. Berlin **4**, 103; Op. post. II, 391 | 1750 | fr. | 19 | 14 |
| 687 | 693 | C. Pet. **11**, 150 | 1750 | lat. | 44 | 25 |
| 638a | (14) | C. Pet. **12**, 224 | 1750 | lat. | 8 | 5 |
| 647 | 698 | Mém. Berlin **5**, 326 | 1751 | fr. | 13 | 9 |
| 673 | 699 | Mém. Berlin **6**, 280 | 1752 | fr. | 31 | 22 |
| 601a | 701 | Pièces cour. de Paris **6**, II. Prix de 1747, 111 (1752) | 1750 | lat. | 57 | 40 |
| 645 | 717 | Phil. Trans. **47**, 263 | 1753 | engl. | 2 | 2 |
| 619 | 738 | N. C. Pet. **3**, 235 | 1753 | lat. | 19 | 11 |
| 691 | 633 | Mém. Berlin **10**, 131 | 1756 | fr. | 42 | 30 |
| 672 | 702 | Mém. Berlin **10**, 296 | 1756 | fr. | 41 | 29 |
| 711 | 666 | N. C. Pet. **11**, 185 | 1767 | lat. | 20 | 11 |
| 668 | 703 | N. C. Pet. **14** II, 322 | 1770 | lat. | 233 | 128 |
| 675 | 704 | N. C. Pet. **20**, 503 | 1776 | lat. | 6 | 4 |
| 623 | 705 | N. C. Pet. **20**, 509 | 1776 | lat. | 32 | 18 |
| 636 | 706 | A. Pet. **1** I, 269 | 1778 | lat. | 7 | 5 |
| 658 | 754 | A. Pet. **1** I, 276 | 1778 | lat. | 12 | 8 |
| 659 | 755 | A. Pet. **1** I, 288 | 1778 | lat. | 29 | 18 |
| 674 | 640 | A. Pet. **1** II, 129 | 1780 | lat. | 30 | 18 |
| 627 | 707 | A. Pet. **3** I, 241 | 1782 | lat. | 38 | 23 |
| 637 | 708 | A. Pet. **4** II, 301 | 1784 | lat. | 7 | 6 |
| 669 | 709 | A. Pet. **4** II, 308 | 1784 | lat. | 16 | 10 |
| 626 | 764 | N. A. Pet. **2**, 121 | 1788 | lat. | 10 | 7 |
| | | | | | | **537** |

## Dritte Reihe:
## Physik; Werke verschiedenen Inhalts; Briefwechsel.

### *A. Physik* (4 Bände).

I. Akustik; Wärme; Licht; Magnetismus.

**Band 1.**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 500 | 423 | Dissertatio physica de sono. Basel | 1727 | lat. | 16 | 8 |
| 737 | 630 | Pièces cour. de Paris **4**, I Prix de 1738, 3 (1752) | 1739 | lat. | 17 | 12 |
| 685 | 628 | Op. var. arg. I, 169 | 1746 | lat. | 76 | 44 |
| 409a | | | 1746 | | | |
| 412a | 629 | N. A. Erud. Lips. 1746, 230; 1748, 27, 61, 169 | 1748 | lat. | 51 | 36 |
| | | | Übertrag | | | 100 |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Übertrag | | | | 100 |
| 739 | 680 | Pièces cour. de Paris **5**, IX Prix de 1743, 63 (1752) | 1748 | lat. | 34 | 21 |
| 738 | 679 | Pièces cour. de Paris **5**, X Prix de 1743, 1 (1752); Op. var. arg. III. 1 | 1748 | lat. | 53 | 32 |
| 736 | 627 | C. Pet. **11**, 82 | 1750 | lat. | 18 | 10 |
| 502 | 616 | Op. var. arg. II, 1 | 1750 | lat. | 22 | 14 |
| 698 | 631 | Mém. Berlin **8**, 262 | 1754 | fr. | 21 | 15 |
| 695 | 632 | Mém. Berlin **9**, 294 | 1755 | fr. | 16 | 12 |
| 692 | 634 | Mém. Berlin **10**, 200 | 1756 | fr. | 27 | 19 |
| 697 | 635 | Mém. Berlin **12**, 235 | 1758 | fr. | 32 | 23 |
| 740 | 681 | Mém. Berlin **13**, 175 | 1759 | fr. | 77 | 54 |
| 503 | 617 | Mém. Berlin **15**, 185 | 1766 | fr. | 25 | 18 |
| 504 | 618 | Mém. Berlin **15**, 210 | 1766 | fr. | 31 | 22 |
| 505 | 619 | Mém. Berlin **15**, 241 | 1766 | fr. | 24 | 17 |
| 506 | 624 | Mém. Berlin **21**, 335 | 1767 | fr. | 29 | 21 |
| 741 | 682 | Mém. Berlin **22**, 213 | 1768 | fr. | 53 | 37 |
| 694 | 637 | N. C. Pet. **12**, 166 | 1768 | lat. | 29 | 16 |
| 688 | 638 | A. Pet. **1** I, Hist. 71 | 1778 | fr. | 7 | 5 |
| 693 | 639 | A. Pet. **1** I, 174 | 1778 | lat. | 16 | 10 |
| Da 44 | 683 | Op. post. II, 783 | 1862 | fr. | 7 | 8 |
| | | | | | | **454** |

## II. Optische Instrumente.

**Band 2.**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 714 | 643 | Mém. Berlin **3**, 274 | 1749 | fr. | 23 | 16 |
| 727 | 644 | N. C. Pet. **3**, 363 | 1753 | lat. | 18 | 10 |
| 731a | 645 | Phil. Trans. **48**, 292 | 1754 | fr. | 5 | 5 |
| 722 | 647 | Mém. Berlin **13**, 283 | 1759 | fr. | 40 | 28 |
| 706 | 648 | Mém. Berlin **13**, 323 | 1759 | fr. | 50 | 35 |
| 701 | 425 | Constructio lentium objectivarum ex duplici vitro. St. Petersburg | 1762 | lat. | 31 | 17 |
| 713 | 646 | Mém. Paris, Année 1756, 214 | 1762 | fr. | 3 | 2 |
| 699 | 655 | N. C. Pet. **8**, 254 | 1763 | lat. | 17 | 10 |
| 710 | 662 | Misc. Taur. **3** B, 92 | 1766 | fr. | 60 | 39 |
| 725 | 663 | Mém. Berlin **20**, 105 | 1766 | fr. | 12 | 9 |
| 726 | 664 | Mém. Berlin **20**, 117 | 1766 | fr. | 27 | 19 |
| 708 | 665 | Mém. Berlin **20**, 200 | 1766 | fr. | 40 | 28 |
| 690 | 636 | Mém. Paris, Année 1765, 555 | 1768 | fr. | 21 | 15 |
| F 7 | * | Gazette littéraire de Berlin 5, 385 | 1768 | fr. | 2 | 2 |
| 716 | 667 | Mém. Berlin **22**, 119 | 1768 | fr. | 52 | 37 |
| 717 | 668 | Mém. Berlin **22**, 171 | 1768 | fr. | 31 | 22 |
| 696 | 669 | Mém. Berlin **22**, 202 | 1768 | fr. | 11 | 8 |
| 728 | 671 | N. C. Pet. **12**, 195 | 1768 | fr. | 29 | 16 |
| 721 | 672 | N. C. Pet. **12**, 224 | 1768 | fr. | 46 | 26 |
| 702 | 649 | Mém. Berlin **17**, 107 | 1768 | fr. | 40 | 28 |
| 703 | 650 | Mém. Berlin **17**, 147 | 1768 | fr. | 34 | 24 |
| 700 | 651 | Mém. Berlin **17**, 181 | 1768 | fr. | 10 | 7 |
| 724 | 652 | Mém. Berlin **17**, 191 | 1768 | fr. | 10 | 7 |
| 720 | 653 | Mém. Berlin **17**, 201 | 1768 | fr. | 11 | 8 |
| 707 | 654 | Mém. Berlin **17**, 212 | 1768 | fr. | 19 | 14 |
| | | | Übertrag | | | 432 |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Übertrag | | | | | 432 |
| 704 | 656 | Mém. Berlin **18**, 117 | 1769 | fr. | 26 | 19 | |
| 730 | 657 | Mém. Berlin **18**, 143 | 1769 | fr. | 42 | 30 | |
| 731 | 658 | Mém. Berlin **18**, 185 | 1769 | fr. | 10 | 7 | |
| 705 | 659 | Mém. Berlin **18**, 195 | 1769 | fr. | 31 | 22 | |
| 709 | 660 | Mém. Berlin **18**, 226 | 1769 | fr. | 23 | 16 | |
| 715 | 661 | Mém. Berlin **18**, 249 | 1769 | fr. | 16 | 12 | |
| 718 | 670 | Mém. Berlin **23**, 131 | 1769 | fr. | 34 | 24 | |
| | | | | | | | **562** |
| **Band 3 und 4.** | | | | | | | |
| 689 | 426 | Dioptrica, I. St. Petersburg | 1769 | lat. | 341 | 181 | |
| 689 | 426 | „ II. St. Petersburg | 1770 | lat. | 598 | 317 | |
| 689 | 426 | „ III. St. Petersburg | 1771 | lat. | 446 | 237 | |
| 729 | 427 | Instruction détaillée pour porter les lunettes au plus haut degré de perfection. St. Petersburg | 1774 | fr. | 93 | 47 | |
| 719 | 673 | N. C. Pet. **18**, 377 | 1774 | lat. | 38 | 21 | |
| 723 | 674 | N. C. Pet. **18**, 415 | 1774 | lat. | 86 | 48 | |
| 712 | 675 | A. Pet. **3** I, 201 | 1782 | lat. | 2 | 2 | |
| Da 38 | 641 | Op. post. II, 567 | 1862 | fr. | 38 | 43 | |
| Da 39 | 642 | Op. post. II, 605 | 1862 | fr. | 63 | 71 | |
| Da 40 | 676 | Op. post. II, 668 | 1862 | fr. | 71 | 81 | |
| Da 41 | 677 | Op. post. II, 739 | 1862 | fr. | 16 | 18 | |
| Da 42 | 678 | Op. post. II, 755 | 1862 | fr. | 26 | 30 | |
| | | | | | | | **1096** |

## *B. Werke verschiedenen Inhalts* (2 Bände).

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Band 5.** | | | | | | | |
| 749 | 773 | Lettres à une princesse d'Allemagne. St. Petersburg, Bd. I, 1768, Bd. II, 1768, Bd. III, 1772 | | fr. | 1146 | 490 | |
| | | | | | | | **490** |
| **Band 6.** | | | | | | | |
| 1 | 1 | Einleitung zur Rechenkunst. St. Petersburg | 1738 | deutsch | 538 | 215 | |
| 529 | 424 | Tentamen novae theoriae musicae. St. Petersburg | 1739 | lat. | 284 | 157 | |
| 745 | 790 | Op. var. arg. I, 277 | 1746 | lat. | 10 | 6 | |
| 747 | 772 | Rettung der Offenbarung. Berlin | 1747 | deutsch | 46 | 20 | |
| 741a | 792 | Phil. Trans. **44**, 421 | 1748 | engl. | 3 | 2 | |
| F 4 | * | Vorbericht zu dem Geographischen Atlas. Berlin | 1760 | deutsch | 11 | 6 | |
| 530 | 620 | Mém. Berlin **20**, 165 | 1766 | fr. | 9 | 7 | |
| 531 | 621 | Mém. Berlin **20**, 175 | 1766 | fr. | 26 | 19 | |
| 748 | 795 | Abhandl. d. ökon. Gesellschaft **6**, 109 | 1767 | deutsch | 5 | 3 | |
| 532 | 625 | N. C. Pet. **18**, 330 | 1774 | lat. | 24 | 14 | |
| F 9 | * | Nordischer Merkur **2**, 244 | 1805 | deutsch | 9 | 5 | |
| 192a | 310 | Journ. für Math. **35**, 106 | 1847 | lat. | 8 | 5 | |
| Da 37 | 456 | Op. post. II, 449 | 1862 | deutsch | 112 | 127 | |
| Da 48 | 796 | Op. post. II, 805 | 1862 | fr. | 9 | 11 | |
| | | | | | | | **597** |

## *C. Briefwechsel* (3 Bände).

**Band 7, 8, 9.** Briefwechsel mit d'Alembert, Daniel Bernoulli, Johann Bernoulli, Nicolaus Bernoulli, Goldbach, Lagrange usw.
In chronologischer Folge, ungefähr **1500** Seiten.

# II.[1])
# Beiträge zur Kenntnis des Photochemischen Klimas der Canaren und des Ozeans.

Von

E. Rübel.

## Einleitung.

Im Frühjahr 1908 organisierte Dr. Rikli seine zweite grosse naturwissenschaftliche Studienreise nach Spanien, der Küste von Marokko und den canarischen Inseln. Eine vortreffliche Beschreibung der Exkursion gab Schröter bei der Jahresversammlung der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft 1908, erweitert publiziert als I. Teil der Ergebnisse einer Canarenreise von M. Rikli und C. Schröter, Zürich 1908.

Den botanischen, geologischen, zoologischen usw. Ergebnissen gestatte ich mir eine lichtklimatische Studie beizufügen. Das Klima in Bezug auf Lichtintensitäten ist auf der Erde noch in wenigen Gebieten studiert. Aus der ungefähren geographischen Breite der Canaren liegen die achttägigen Beobachtungen von Wiesner in Cairo vor.

Wie andere klimatologische Daten, kann auch das Licht nicht vorausberechnet werden, sondern muss empirisch durch Messung erforscht werden. Die Messungen wurden nach der von Wiesner verbesserten Bunsen und Roscoe-Methode gemacht, so dass die Zahlen vollkommen vergleichbar sind mit meinen Messungen aus den Alpen vom Berninahospiz, mit denen von Wiesner aus Wien, Kairo, Buitenzorg, Arktis, Yellowstonegebiete usw.

## Kurze Beschreibung der Methode.[2])

Bunsen und Roscoe haben einen Normalton (1 Teil Lampenruss auf 1000 Teile Zinkoxyd) hergestellt und ein lichtempfindliches Normal-

[1]) Als Nr. I ist erschienen: C. Schröter, Eine Excursion nach den canarischen Inseln. Mit 31 Landschafts- und Vegetationsbildern. Zürich, 1908, bei Rascher & Cie.

[2]) Ausführliche Beschreibung bei Wiesner: Untersuchungen über das photochemische Klima von Wien, Cairo und Buitenzorg. Wiener Denkschriften 1896 und in meinem photochemischen Klima des Berninahospizes, S. 10—14, Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft Zürich 1908.

papier. Die Lichtintensität wird durch einen Bruch angegeben. Eins dividiert durch die Anzahl Sekunden, die nötig sind zur Erreichung des Normaltones durch das Normalpapier. 1,000 oder 1000 bedeutet, dass der Normalton in einer Sekunde erreicht ist. Braucht es 4 Sekunden zu dieser Schwärzung, so ist die Lichtintensität bloss $^1/_4$ oder 250. Für hohe Intensitäten, bei denen die Schwärzung zu rasch eintritt, um genau gemessen zu werden, verwendet man den Zehnerton, der in der zehnfachen Zeit erreicht wird, oder einen intermediären.

Normalpapier muss immer frisch bereitet werden, es hält sich nur 16—20 Stunden. Ich verwandte Wynne's Infallible Exposuremeter, dessen Papier sehr haltbar und die Färbung leichter und schärfer zu erkennen ist. Ich habe dasselbe Papier zur Probe zwei Jahre behalten und alle paar Monate mit frischem Normalpapier geprüft und besitzt es noch ganz denselben Umrechnungsfaktor. Die Methode misst also nur die stark brechbaren Strahlen, deren Intensitäten aber nach Weber in Kiel ziemlich vollständig proportional denen der roten Strahlen verlaufen.

## Das Tageslicht.

Das Licht, das die Sonne ausstrahlt, wird durch die Atmosphäre verändert; ein Teil erreicht die Erdoberfläche als eigentliches Sonnenlicht, es ist dies das „direkte Sonnenlicht". Ein grosser Teil wird zerstreut und erreicht die Erde als „diffuses Licht". Das direkte Licht wirkt also nur, wo und während die Sonne scheint, das diffuse aber überall und jederzeit, wo überhaupt Helligkeit herrscht. Im Schatten haben wir nur diffuses Licht, in der Sonne kommt das direkte hinzu, wir haben da das „Gesamtlicht" oder gemischte Sonnenlicht. Dieses Gesamtlicht misst man, wenn man den Apparat in der Sonne hält, das diffuse, wenn die Messstelle beschattet wird; die Differenz bleibt für das direkte Sonnenlicht.

## Beobachtungen.

Für die Messungen wurde darauf geachtet, immer möglichst freien Horizont zu haben, da dies natürlich auf die Lichtmenge einwirkt. Ist der Horizont beschränkt, so bleibt das direkte Sonnenlicht gleich stark; ein Teil des diffusen und somit des gesamten wird abgehalten. In den Tabellen ist jeweilen angegeben, wenn der Horizont nicht frei war. Auf dem Schiff machte ich die Messungen immer auf dem freien obersten Deck, in Orotava auf dem flachen Dach des Kurhauses, in Cádiz auf dem Turm (Torre Vigía) usw.

Für die Bewölkung benutzte ich die üblichen Zahlen: 0 vollständig wolkenlos bis 10 vollständig bedeckt. Die Bezeichnung der Sonnenbedeckung ist folgende:

$S_0$ Sonne vollständig bedeckt, so dass der Ort, wo sie sich befindet, nicht erkennbar ist;

$S_1$ Sonne nur als heller Schein am Himmel erkennbar;

$S_2$ Sonnenscheibe sichtbar, aber noch keinen Schatten werfend;

$S_3$ Sonne nur durch zarten Schleier verdeckt;

$S_4$ Sonne vollkommen frei erscheinend.

Die Sonnenhöhen habe ich ausgerechnet nach der Gleichung:

$$\sin h = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t$$

worin $h$ die Sonnenhöhe
$\varphi$ die geographische Breite
$\delta$ die Sonnendeklination
$t$ der Stundenwinkel
ist. Die Zeit ist überall Ortszeit.

Es bedeutet:
$J_g$ die gesamte Lichtintensität
$J_d$ die Intensität des diffusen Lichtes
$J_s$ die Intensität des direkten Lichtes.

## Chronologische Übersicht der Messungen.

| Stunde | Ort | Geogr. Breite | Sonne | Bewölkung | Sonnenhöhe | $J_g$ | $J_d$ | $J_s$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 17. März 1908 | | | | | | |
| 12h | Barcelona | 41° 21′ | | | 47° 15′ | | | |
| 4 p | „ Hafen, an Bord | „ | 4 | 0 | 20 | 167 | 100 | 67 |
| | | 18. März 1908 | | | | | | |
| 8h a | Valencia Hafen, an Bord | 39° 27′ | 4 | 0 | 21° | 315 | 140 | 175 |
| 9 | „ an Land | „ | 4 | 0 | 31 | 420 | 180 | 240 |
| 10 20 | „ „ | „ | 4 | 1 | 42 | 500 | 190 | 310 |
| 12 | „ „ | „ | | | 49° 33′ | | | |
| 2 30 | „ „ | „ | 4 | 7 | 35 | 500 | 250 | 250 |
| 4 10 | „ „ | „ | 3 | 6 | 19 | 167 | 125 | 42 |
| 5 30 | „ an Bord | „ | 2—3 | 3 | 5 | 36 | 36 | 0 |
| | | 19. März 1908 | | | | | | |
| 8h 10 | Alicante Hafen | 38° 20′ | 2 | 10 | 24° | 113 | 113 | 0 |
| 9 10 | „ | „ | 1 | 10 | 33 | 167 | 167 | 0 |
| 12 | „ | „ | | | 51° 9′ | | | |
| 1 | Elche Turm | „ 15 | 3—4 | 5 | 49 | 500 | 360 | 140 |
| 5 | Alicante an Bord | „ 20 | 4 | 2 | 10 | 100 | 71 | 29 |

| Stunde | Ort | | Geogr. Breite | Sonne | Bewölkung | Sonnenhöhe | $J_g$ | $J_d$ | $J_s$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 20. März 1908 | | | | | | |
| 8h | Mittelmeer | vor Cabo de Gata an Bord | 36° 27′ | 3—4 | 4 | 23° | 250 | 167 | 83 |
| 9 | „ | „ Almeria „ | „ | 3—4 | 4 | 33 | 620 | 250 | 370 |
| 10 | „ | „ | „ | 4 | 6 | 42 | 690 | 310 | 380 |
| 11 | „ | „ | „ | 0 | 10 | 51 | 125 | 125 | 0 |
| 12 | „ | „ | „ | 2 | 10 | 53° 21′ | 420 | 420 | 0 |
| 1 | „ | „ | „ | 0 | 10 | 51 | 210 | 210 | 0 |
| 2 | „ | „ | „ | 4 | 7 | 42 | 830 | 500 | 330 |
| 3 | „ | „ | „ | 0 | 10 | 33 | 250 | 250 | 0 |
| 4 | „ | „ | „ | 0 | 9 | 23 | 190 | 190 | 0 |
| 5 | „ | „ | „ | 0 | 9 Regen | 11 | 19 | 19 | 0 |
| 6 | „ | vor Malaga „ | „ | 4 | 2 | | 42 | 42 | 0 |
| | | | | | Lichtsumme | | 152 | 103 | 49 |
| | | | 21. März 1908 | | | | | | |
| 9h | Cádiz | an Bord | 36° 30′ | 4 | 0 | 33° | 500 | 250 | 250 |
| 10 | „ | „ | „ | 4 | 0 | 42 | 620 | 280 | 340 |
| 11 | „ | „ | „ | 4 | 0 | 51 | 740 | 310 | 430 |
| 12 | „ | „ | „ | 4 | 1 | 53° 41′ | 780 | 400 | 380 |
| 1 | „ | an Land | 28 | 4 | 1 | 51 | 660 | 310 | 350 |
| 2 | „ | auf Turm „ | „ | 4 | 1 | 42 | 740 | 360 | 380 |
| | | | 22. März 1908 | | | | | | |
| 6h 35 | Vor Cádiz | an Bord | 36° 30′ | 0 | 10 | 6° | 33 | 33 | 0 |
| 7 | „ | südwärts „ | „ | 0 | 7 | 11 | 125 | 125 | 0 |
| 8 20 | „ | „ „ | „ | 2 | 4 | 27 | 360 | 360 | 0 |
| 9 | „ | „ „ | „ | 1 | 10 | 34 | 360 | 360 | 0 |
| 10 | „ | „ „ | „ | 3 | 9 | 43 | 620 | 500 | 120 |
| 11 | „ | „ „ | 22 | 4 | 4 | 52 | 960 | 620 | 340 |
| 12 | „ | „ „ | 13 | 4 | 1 | 54° 22′ | 1040 | 500 | 540 |
| 1 | Vor Trafalgar | „ | 4 | 3—4 | 4 | 52 | 620 | 500 | 120 |
| 2 | | „ | 35° 56′ | 4 | 6 | 43 | 830 | 500 | 330 |
| 3 | Vor Tanger | „ | 48 | 3 | 10 | 34 | 570 | 420 | 150 |
| | | | 23. März 1908 | | | | | | |
| 7h 30 | Afrikaküste | an Bord | 34° 30′ | 0 | 10 | 19° | 100 | 100 | 0 |
| 8 | „ | „ | 27 | 0 | 10 | 25 | 360 | 360 | 0 |
| 9 | „ | „ | 21 | 0 | 10 | 36 | 500 | 500 | 0 |
| 10 | „ | „ | 15 | 0 | 10 | 45 | 620 | 620 | 0 |
| 11 | „ | „ | 9 | 0 | 10 | 51 | 500 | 500 | 0 |
| 12 | „ | „ | 3 | 1—2 | 10 | 56° 56′ | 660 | 660 | 0 |
| 1 | Vor Casablanca | „ | 33° 57′ | 3 | 7 | 54 | 960 | 500 | 460 |
| 2 | „ | „ | „ | 0—1 | 10 | 45 | 690 | 690 | 0 |
| 3 | „ | „ | „ | 4 | 4 | 36 | 700 | 500 | 200 |
| 4 | „ | „ | „ | 4 | 2 | 25 | 620 | 360 | 260 |
| 5 | „ | „ | „ | 4 | 1 | 13 | 250 | 167 | 83 |
| 6 | „ | „ | „ | 4 | 1 | | 28 | 28 | 0 |
| | | | | | Lichtsumme | | 250 | 208 | 42 |

| Stunde | Ort | | Geogr. Breite | Sonne | Bewölkung | Sonnenhöhe | $J_g$ | $J_d$ | $J_s$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 24. März 1908 | | | | | | |
| 7h 15 | Vor Casablanca | an Bord | 33° 57′ | 3—4 | 1 | 16° | 280 | 210 | 70 |
| 8 | „ | „ | „ | 4 | 1 | 25° 20′ | 500 | 250 | 250 |
| 9 | „ | „ | „ | 4 | 1 | 36 51 | 740 | 310 | 430 |
| 10 | „ | „ | „ | 4 | 1 | 45 0 | 830 | 300 | 530 |
| 11 | „ | „ | „ | 4 | 1 | 54 31 | 960 | 350 | 610 |
| 12 | „ | „ | „ | 4 | 1 | 57 25 | 1040 | 360 | 680 |
| 1 | „ | „ | „ | 4 | 0 | 54 31 | 900 | 350 | 550 |
| 2 | „ | „ | „ | 4 | 0 | 45 0 | 830 | 300 | 530 |
| 3 | „ | „ | „ | 4 | 0 | 36 51 | 700 | 280 | 420 |
| 4 | „ | „ | „ | 4 | 0 | 25 20 | 500 | 230 | 270 |
| 5 | „ | „ | „ | 4 | 0 | 13 10 | 167 | 125 | 42 |
| 5 30 | „ | „ | „ | 4 | 0 | 7 | 83 | 83 | 0 |
| 6 | „ | „ | „ | 4 | 0—1 | 0 46 | 28 | 28 | 0 |
| | | | | | | Lichtsumme | 312 | 129 | 183 |
| | | | 25. März 1908 | | | | | | |
| 7h | Vor Casablanca | an Bord | 33° 57′ | 4 | 0 | 13° | 250 | 210 | 40 |
| 8 | „ | „ | „ | 4 | 0 | 26 | 420 | 280 | 140 |
| 11 | „ | an Land | „ | 4 | 0 | 55 | 960 | 420 | 540 |
| 12 | „ | „ | „ | 4 | 0 | 57° 49′ | 1260 | 420 | 840 |
| 4 30 | „ | an Bord | „ | 4 | 0 | 19 | 315 | 210 | 105 |
| 5 | „ | „ | „ | 4 | 0 | 13 | 250 | 167 | 83 |
| 6 | „ | „ | „ | 4 | 1 | 0 59 | 28 | 28 | 0 |
| | | | 26. März 1908 | | | | | | |
| 7h 40 | Vor Masagan | an Bord | 33° 14′ | 0 | 10 | 23° | 360 | 360 | 0 |
| 8 | „ | „ | „ | 1 | 10 | 27 | 360 | 360 | 0 |
| 12 | „ | „ | „ | 0 | 10 | 58° 56′ | 250 | 250 | 0 |
| 1 | Afrikaküste | „ | 10 | 1—2 | 9 | 56 | 620 | 620 | 0 |
| 2 | „ | „ | 4 | 2 | 9 | 47 | 730 | 730 | 0 |
| 3 | „ | „ | 32° 58′ | 0 | 10 | 38 | 360 | 360 | 0 |
| 4 | „ | „ | 52 | 3—4 | 5 | 27 | 500 | 420 | 80 |
| 4 30 | „ | „ | 49 | 4 | 2 | 21 | 420 | 250 | 170 |
| 5 | „ | „ | 46 | 4 | 2 | 15 | 250 | 210 | 40 |
| 6 | „ | „ | 40 | 2 | 2 | 2 | 28 | 28 | 0 |
| | | | 27. März 1908 | | | | | | |
| 8h | Vor Mogador | an Bord | 31° 31′ | 3—4 | 6 | 28° | 620 | 500 | 120 |
| 9 | Magador-Canaren | „ | 28 | 3 | 6 | 39 | 740 | 620 | 120 |
| 10 | „ | „ | 22 | 4 | 2 | 49 | 830 | 360 | 470 |
| 11 | „ | „ | 16 | 1 | 10 | 58 | 420 | 420 | 0 |
| 12 | „ | „ | 10 | 1 | 10 | 61° 23′ | 620 | 620 | 0 |
| 1 | „ | „ | 4 | 1 | 10 | 58 | 620 | 620 | 0 |
| 2 | „ | „ | 30° 58′ | 1 | 10 | 49 | 500 | 500 | 0 |
| 3 | „ | „ | 52 | 1 | 10 | 49 | 360 | 360 | 0 |
| 4 | „ | „ | 46 | 0 | 10 | 28 | 310 | 310 | 0 |
| 5 | „ | „ | 40 | 3 | 7 | 16 | 250 | 200 | 50 |
| 6 | „ | „ | 34 | 4 | 3 | 3 | 31 | 31 | 0 |
| | | | | | | Lichtsumme | 231 | 197 | 34 |

| Stunde | Ort | Geogr. Breite | Sonne | Bewölkung | Sonnenhöhe | $J_g$ | $J_d$ | $J_s$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 28. März 1908 | | | | | | |
| 7h 30 | In Sicht von Graciosa an Bord | 29° 11′ | 4 | 6 | 25° | 500 | 310 | 190 |
| 8 | Graciosa-Gran Canaria „ | 8 | 3—4 | 5 | 31 | 620 | 320 | 300 |
| 9 | „ „ „ | 2 | 3—4 | 4 | 41 | 830 | 500 | 330 |
| 9 10 | „ „ „ | 1 | 4 | 2 | 43 | 1130 | 500 | 630 |
| 10 | „ „ „ | 28° 56′ | 3—4 | 2 | 52 | 1130 | 500 | 630 |
| 11 | „ „ „ | 50 | 4 | 4 | 61 | 1130 | 500 | 630 |
| 12 | „ „ „ | 43 | 4 | 5 | 64° 13′ | 1250 | 500 | 750 |
| 1 | „ „ „ | 37 | 4 | 1 | 61 | 1250 | 420 | 830 |
| 2 | „ „ „ | 31 | 4 | 2 | 52 | 1040 | 420 | 620 |
| 3 30 | „ „ „ | 22 | 3—4 | 4 | 36 | 620 | 360 | 260 |
| 4 | „ „ „ | 19 | 4 | 4 | 31 | 420 | 250 | 170 |
| 5 | „ „ „ | 13 | 1 | 4 | 19 | 120 | 120 | 0 |
| 5 30 | „ „ „ | 10 | 1 | 4 | 12 | 60 | 60 | 0 |
| 6 | „ „ „ | 7 | 1 | 2 | 6 | 30 | 30 | 0 |
| | | | | Lichtsumme | | 372 | 176 | 196 |
| | | 29. März 1908 | | | | | | |
| 6h 30 | Las Palmas Hafen an Land | 28° 5′ | 4 | 3 | 13° | 125 | 125 | 0 |
| 7 | „ „ „ | 5 | 3 | 7 | 20 | 280 | 230 | 50 |
| 8 | Isleta „ | 8 | 3—4 | 3 | 32 | 620 | 360 | 260 |
| 9 | „ „ | 8 | 4 | 2 | 43 | 840 | 420 | 420 |
| 10 | Las Palmas „ an Bord | 5 | 4 | 4 | 53 | 1400 | 500 | 900 |
| 11 | Gran Canaria-Tenerife „ | 8 | 4 | 4 | 62 | 1400 | 500 | 900 |
| 12 | „ „ „ | 13 | 4 | 3 | 65° 7′ | 1400 | 500 | 900 |
| 1 | „ „ „ | 18 | 4 | 2 | 62 | 1260 | 420 | 840 |
| 2 | „ „ „ | 23 | 4 | 3 | 53 | 1120 | 420 | 700 |
| 3 | Sta Cruz de Tenerife „ | 28 | 4 | 4 | 43 | 830 | 360 | 470 |
| 4 | „ „ „ | 28 | 4 | 1 | 32 | 700 | 280 | 420 |
| | | | | Lichtsumme | | 427 | 181 | 246 |
| | Tenerife. | 30. März 1908 | | | | | | |
| 8h 50 | Laguna, freie Hocheb., 550 m | 28° 30′ | 4 | 1 | 38° | 690 | 310 | 380 |
| 9 45 | „ Felder „ | | 4 | 2 | 49 | 1040 | 320 | 720 |
| 10 10 | „ „ | 29 | 4 | 1 | 54 | 1080 | 350 | 730 |
| 11 | Esperanza 848 m | 28 | 4 | 0-1 | 62 | 1130 | 390 | 740 |
| 12 | ob „ 900 m | „ | 4 | 0 | 65° 15′ | 1250 | 400 | 850 |
| 1 | ob Agua Garcia, Feld „ | | 4 | 0 | 62 | 1320 | 380 | 940 |
| 1 05 | „ im Lorbeerwald „ | | 4 | 0 | 61 | 830 | | |
| 2 30 | „ Schatten, im Lorbeerwald „ | | | | 46 | | 42 | — |
| 3 | „ „ „ „ | | | | 40 | | 63 | — |
| 3 30 | „ freies Feld „ | | 4 | 0 | 34 | 780 | 260 | 520 |
| 4 | „ „ „ | | 4 | 0 | 28 | 620 | 250 | 370 |
| 5 | Matanza, dunstig „ | | 1—2 | 4 | 16 | 210 | 210 | 0 |
| 6 | „ „ „ | | 1 | 6 | 4 | 33 | 33 | 0 |
| 6 20 | „ „ | | — | | | 0 | | |
| | | 31. März 1908. | | | | | | |
| 12h | Orotava, freier Strand | 28° 25′ | 4 | 1 | 65° 41′ | 1260 | 420 | 840 |
| 4 | „ freies Feld „ | | 4 | 1 | 28 | 780 | 310 | 470 |
| 5 | „ „ „ „ | | 4 | 1 | 16 | 310 | 210 | 100 |

| Stunde | Ort | Geogr. Breite | Sonne | Bewölkung | Sonnenhöhe | $J_g$ | $J_d$ | $J_s$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1. April 1908. | | | | | | |
| 7h 45 | Orotava | 28° 25′ | 4 | 0 | 25° | 580 | 330 | 250 |
| 8 45 | „ Dach, 80 m ü. M. | „ | 4 | 0 | 37 | 740 | 360 | 380 |
| 9 | „ freies Feld | „ | 4 | 0 | 40 | 830 | 450 | 380 |
| 10 | „ freier Garten | „ | 4 | 1 | 52 | 960 | 420 | 540 |
| 11 | „ Strand | „ | 4 | 2 | 62 | 1040 | 500 | 540 |
| 12 | „ „ | „ | 4 | 2 | 66° 5′ | 1260 | 420 | 840 |
| 1 | „ Dach | „ | 4 | 3 | 62 | 1260 | 450 | 810 |
| 2 | „ „ | „ | 4 | 2 | 52 | 1040 | 460 | 580 |
| 4 | Villa de Orotava | 24′ | 3 | 4 | 28 | 500 | 360 | 140 |
| | | 2. April 1908 | | | | | | |
| 7h | Orotava, Dach | 28° 25′ | 1 | 10 | 15° | 192 | 192 | 0 |
| 8 | „ „ | „ | 2 | 8 | 28 | 450 | 450 | 0 |
| 9 45 | Realejo | 23 | 3—4 | 5 | 49 | 1260 | 630 | 630 |
| 11 | S. Juan de la Rambla | 24 | 4 | 3 | 62 | 1260 | 420 | 840 |
| 12 | Mal país de S. Juan | 24 | 2 | 6 | 66° 29′ | 830 | 830 | 0 |
| 3 30 | Icod de los vinos | 22 | 4 | 1 | 32 | 620 | 360 | 260 |
| | | 3. April 1908 | | | | | | |
| 6h 15 | Icod | 28° 22′ | 4 | 1 | 6° | 83 | 83 | 0 |
| 6 30 | „ | „ | 4 | 1 | 9 | 125 | 100 | 25 |
| 8 | Garachico | „ | 4 | 0 | 28 | 500 | 310 | 190 |
| 9 | „ | „ | 3—4 | 3 | 40 | 620 | 460 | 160 |
| 12 | „ | „ | | | 66° 54′ | | | |
| 1 30 | Ob los Silos | „ | 3—4 | 5 | 58 | 1240 | 570 | 670 |
| 3 45 | Garachico | „ | 0 | 10 | 31 | 250 | 250 | 0 |
| 5 20 | Icod | „ | 0 | 10 | 11 | 83 | 83 | 0 |
| | | 4. April 1908. | | | | | | |
| 8h | Ob Icod | 28° 22′ | 2 | 9 | 28° | 460 | 460 | 0 |
| 9 | „ Pinienwald | „ | 2 | 7 | 40 | 500 | 500 | 0 |
| 12 | „ „ frei | „ | 1 | 10 | 67° 17′ | 500 | 500 | 0 |
| 1 | La Guancha | „ | 1 | 10 | 63 | 500 | 500 | 0 |
| 2 | Unter la Guancha | „ | 1 | 10 | 52 | 500 | 500 | 0 |
| | | 5. April 1908 | | | | | | |
| 9h 15 | Orotava, Dach | 28° 25′ | 4 | 3 | 43° | 830 | 360 | 470 |
| 10 40 | „ „ | „ | 4 | 3 | 59 | 1000 | 500 | 500 |
| 11 | „ Strand | „ | 4 | 1 | 63 | 960 | 420 | 540 |
| 12 | „ „ | „ | 4 | 1 | 67° 37′ | 830 | 310 | 520 |
| 2 | „ Dach | „ | 2—3 | 5 | 52 | 620 | 620 | 0 |
| 3 | „ „ | „ | 3 | 5 | 40 | 620 | 500 | 120 |
| 4 | „ „ | „ | 2—3 | 5 | 28 | 500 | 500 | 0 |
| 5 | „ „ | „ | 1 | 8 | 15 | 192 | 192 | 0 |
| 6 | „ „ | „ | 0 | 7 | 3 | 21 | 21 | 0 |

| Stunde | Ort | Geogr. Breite | Sonne | Bewölkung | Sonnenhöhe | $J_g$ | $J_d$ | $J_s$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Piktour. | 6. April 1908 | | | | | | |
| 6 h | Orotava | 28° 25′ | — | 0 | 3° 2′ | | 42 | |
| 6 05 | Sonne geht auf | | | | 4 | | | |
| 7 15 | Vor Villa de Orotava | 23 | 4 | 0 | 19 | 500 | 250 | 250 |
| 8 40 | Taoromulde, sanfter Hang, 560 m | 22 | 4 | 2 | 38 | 620 | 250 | 370 |
| | feine Passatwölkchen | | | | | | | |
| 9 | „ 750 m | 22 | 4 | 2 | 42° 10′ | 690 | 250 | 440 |
| 10 | „ 1000 m | 21 | 4 | 0 | 54° 8′ | 830 | 250 | 580 |
| 11 | „ 1300 m | 21 | 4 | 0 | 63° 52′ | 1000 | 250 | 750 |
| 11 45 | Wolkenregion 1300 m | | 2 | 10 | 67° | 830 | 830 | 0 |
| 12 | „ „ | | 2 | 10 | 68° 3′ | 830 | 830 | 0 |
| 12 15 | „ „ | | 2 | 10 | 67 | 830 | 830 | 0 |
| 12 20 | „ „ | | 1 | 10 | | 620 | 620 | 0 |
| 12 30 | „ „ | | 1 | 10 | 66 | 620 | 620 | 0 |
| 1 | „ 1440 m | | 3 | 8 | 63° 52′ | 960 | 500 | 460 |
| 1 15 | 1480 m | | 4 | 0 | 61 | 1040 | 250 | 790 |
| 2 | Taoromulde 1760 m | 28° 20′ | 4 | 0 | 54° 8′ | 830 | 250 | 610 |
| 3 | Portillo 2070 m | 19 | 4 | 0 | 42° 10′ | 570 | 180 | 390 |
| 3 30 | Cañadasrand 2138 m | 18 | 4 | 0 | 36 | 500 | 170 | 330 |
| 4 | „ 2140 m | 17 | 4 | 0 | 29° 22′ | 420 | 155 | 265 |
| 4 45 | „ Cueva 2125 m | 15 | 4 | 0 | 19 | 360 | 140 | 220 |
| 5 15 | „ „ | „ | 4 | 0 | 13 | 250 | 100 | 150 |
| | Horizont nicht frei | | | | | | | |
| 5 25 | „ „ | „ | 4 | 0 | 11 | 167 | 71 | 96 |
| | Sonne über dem Pik | | | | | | | |
| 5 30 | „ „ | „ | | | 10 | | | |
| | Sonne geht unter am Pik | | | | | | | |
| 5 31 | „ „ | „ | — | 0 | | | 55 | |
| 5 37 | „ „ | „ | — | 0 | 8° | | 42 | |
| 5 45 | „ „ | „ | — | 0 | 6° | | 35 | |
| | | 7. April 1908 | | | | | | |
| 5 h 30-45 | Cañadas 2130 m | 28° 15′ | — | 0 | 0° | | 3 | |
| 6 20 | Cañadas „ | 14 | — | 0 | 7 | | 50 | |
| 6 30 | „ „ | „ | — | 0 | 10 | | 62 | |
| 7 | „ „ | „ | — | 0 | 16° 24′ | | 83 | |
| 7 45 | „ 2140 m | „ | 4 | 0 | 26 | 420 | 110 | 310 |
| 8 | „ Fuente Mulde, nicht frei 2130 m | 14 | 4 | 0 | 29° 33′ | 420 | 70 | 350 |
| 9 | Anstieg, freier Kamm 2220 m | 15 | 4 | 0 | 42° 24′ | 500 | 125 | 375 |
| 10 | „ „ 2360 m | 16 | 4 | 0 | 54° 25′ | 690 | 150 | 540 |
| 10 15 | „ 2430 m | 16 | 4 | 0 | 57 | 770 | 170 | 600 |
| 11 | „ freier Hügel 2550 m | 16 | 4 | 0 | 64° 15′ | 960 | 170 | 790 |
| 17 | „ „ „ 2575 m | „ | 4 | 0 | 68° 31′ | 1250 | 190 | 1060 |
| 1 | „ 3030 m | „ | 4 | 0 | 64° 15′ | 1250 | 170 | 1080 |
| 1 20 | „ nicht ganz frei 3240 m | „ | 4 | 0 | 61 | 1000 | 180 | 820 |
| 1 30 | „ Alta Vista 3295 m | „ | 4 | 0 | 59 | 960 | 150 | 810 |
| 2 | „ freier Hügel 3490 m | „ | 4 | 0 | 54° 25′ | 830 | 125 | 705 |
| 2 20 | „ Gipfel im ∢ 18° hindernd 3565 m | „ | 4 | | 50 | 760 | 100 | 660 |
| 2 55 | Pikgipfel 3730 m | „ | 4 | | 43 | 540 | 85 | 455 |
| 3 | „ | | 4 | 3 | 42° 24′ | 500 | 80 | 420 |
| | B 3 dünner Dunst des Antipassat | | | | | | | |

| Stunde | Ort | Geogr. Breite | Sonne | Bewölkung | Sonnenhöhe | $J_g$ | $J_d$ | $J_s$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 30 | Pikgipfel, 3730 m | 28° | 4 | 2 | 36 | 420 | 70 | 350 |
| 4 | „ | „ | 4 | 2 | 29° 33′ | 360 | 60 | 300 |
| 4 30 | „ | „ | 4 | 3 | 23 | 330 | 70 | 260 |
| | | Dunst etwas näher der Sonne | | | | | | |
| 5 | „ | „ | 3—4 | 4 | 16° 24′ | 210 | 50 | 160 |
| | | | ganz dünn | | | | | |
| 5 15 | „ | „ | 3—4 | 4 | 13 | 100 | 42 | 58 |
| 5 40 | „ | „ | 3—4 | 4 | 7 | 55 | 31 | 24 |
| 5 55 | „ | „ | 3—4 | 4 | 4 | 28 | 28 | 0 |
| 6–6 05 | „ | „ | 3—4 | 2 | 3° 11′ | 14 | 14 | 0 |
| | | | | Lichtsumme | | 295 | 54 | 241 |

8. April 1908

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5h 20–30 | Pik Alta Vista | 3300 m | 28° 16′ | — | 1 | | 3 | |
| 5 45 | „ | „ | „ | 4 | 1 | 0—1° | 28 | 28 | 0 |
| 6 | „ | „ | „ | 4 | 0 | 3° 17′ | 56 | 56 | 0 |
| 6 30 | „ | „ | „ | 4 | 0 | 10 | 100 | 56 | 44 |
| 7 | „ | „ | „ | 4 | 0 | 16° 32′ | 167 | 62 | 105 |
| 7 15 | „ | „ | „ | 4 | 0 | 20 | 192 | 66 | 126 |
| 8 | Abstieg vom Pik | 2800 m | „ | 4 | 0 | 29° 43′ | 500 | 100 | 400 |
| | nicht freier Osthang 30° | | | | | | | | |
| 8 15 | „ vom Mna Blanca | 2750 m | „ | 4 | 0 | 33 | 520 | 110 | 410 |
| | nicht frei 20° | | | | | | | | |
| 8 40 | „ freier Hügel | 2575 m | „ | 4 | 0 | 38 | 570 | 130 | 440 |
| 9 | „ | 2575 m | „ | 4 | 0 | 42° 36′ | 690 | 130 | 560 |
| 10 | Cañadas, gegen Fortaleza | 2110 m | 18 | 4 | 0 | 54° 39′ | 830 | 150 | 680 |
| 11 45 | Fortaleza | 2140 m | 20 | 4 | 0 | 68 | 1130 | 160 | 970 |
| 12 | | | | | | 68° 49′ | | | |
| 12 30 | Nordhang | 1900 m | | 4 | 0 | 67 | 1040 | 170 | 870 |
| 1 | „ | 1750 m | 21 | 4 | 0 | 64° 31′ | 900 | 150 | 750 |
| 1 15 | Wolkenregion | 1680 m | | 2 | 10 | 62 | 620 | 620 | 0 |
| 1 30 | „ | 1540 m | | 1 | 10 | 59 | 250 | 250 | 0 |
| 1 45 | „ | 1370 m | | 0 | 10 | 57 | 125 | 125 | 0 |
| 2 | „ | 1350 m | 22 | 0 | 10 | 54° 39′ | 125 | 125 | 0 |
| 2 15 | „ | 1140 m | | 0 | 10 | 51 | 83 | 83 | 0 |
| 2 30 | Unter der Wolke | 1060 m | | 0 | 10 | 48 | 83 | 83 | 0 |
| 3 | Blauer Himmel über d. Meer | 850 m | 23 | 0 | 8 | 42° 36′ | 100 | 100 | 0 |
| 4 15 | Realejo alto | 360 m | 23 | 1 | 6 | 26 | 100 | 100 | 0 |

9. April 1908

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 10h | Orotava, Dach | 28° 25′ | 4 | 4 | 55° | 1000 | 420 | 580 |
| 11 | „ | „ | 2 | 8 | 65 | 500 | 500 | 0 |
| 12 | | | | | 68° 56′ | | | |
| 12 45 | „ | „ | 0 | 9 | 66 | 360 | 360 | 0 |
| 4 30 | „ | „ | 0 | 10 | 23 | 125 | 125 | 0 |

10. April 1908

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 8h | Orotava, Dach | 28° 25′ | 0 | 10 | 30° | 100 | 100 | 0 |
| 9 | „ | „ | 0 | 10 | 42 | 250 | 250 | 0 |

| Stunde | Ort | Geogr. Breite | Sonne | Bewölkung | Sonnenhöhe | $J_g$ | $J_d$ | $J_s$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 12h | Orotava, Dach | 28° 25′ | 0 | 10 | 69° 29′ | 310 | 310 | 0 |
| 3 | „ | „ | 0 | 10 | 42 | 250 | 250 | 0 |
| 4 | „ | „ | 0 | 9 | 30 | 250 | 250 | 0 |
| 5 15 | „ | „ | 4 | 5 | 14 | 200 | 83 | 117 |
| 6 | „ | „ | 0 | 6 | 4 | 12 | 12 | 0 |
| | | 11. April 1908 | | | | | | |
| 7h 40 | Orotava, Dach | 28° 25′ | 0 | 10 | 26° | 125 | 125 | 0 |
| 8 30 | „ | „ | 2 | 9 | 36 | 360 | 360 | 0 |
| 10 20 | „ | „ | 2 | 10 | 59 | 770 | 770 | 0 |
| 12 | | | | | 69° 51′ | | | |
| 12 40 | „ | „ | 4 | 7 | 67 | 1000 | 500 | 500 |
| 3 30 | „ | „ | 4 | 4 | 36 | 660 | 310 | 350 |
| 4 | „ | „ | 2 | 10 | 29 | 280 | 280 | 0 |
| 4 30 | „ | „ | 0 | 10 | 23 | 140 | 140 | 0 |
| 5 | „ | „ | 0 | 9 | 17 | 125 | 125 | 0 |
| 5 45 | „ | „ | 1 | 7 | 7 | 42 | 42 | 0 |
| | | 12. April 1908 | | | | | | |
| 7h | Orotava, Dach | 28° 25′ | | | 8° Regen | | | |
| 8 | „ | „ | 3 | 9 | 31 | 420 | 310 | 110 |
| 9 | „ | „ | 2 | 9 | 44 | 500 | 500 | 0 |
| 11 | „ | „ | 2 | 9 | 66 | 710 | 710 | 0 |
| 12 | „ | „ | 4 | 8 | 70° 13′ | 1260 | 630 | 630 |
| 12 30 | „ | „ | 3—4 | 4 | 68 | 960 | 630 | 330 |
| 2 | Ladera Sta. Ursula | 290 m „ | 2 | 8 | 56 | 630 | 630 | 0 |
| 3 | „ „ | 240 m „ | 2 | 6 | 44 | 630 | 630 | 0 |
| 4 | Sauzal | 450 m 29′ | 0 | 10 | 31 | 190 | 190 | 0 |
| | | 13. April 1908 | | | | | | |
| 10h 30 | Laguna-Tegueste | 540 m 28° 31′ | 3 | 7 | 61° | 620 | 360 | 260 |
| 12 | Tegina | 300 m 32 | 1 | 10 | 70° 28 | 500 | 500 | 0 |
| 1 | „ | „ | 1 | 10 | 66 | 500 | 500 | 0 |
| 2 | „ | „ | 2 | 9 | 56 | 620 | 620 | 0 |
| 4 | Puerto Suelo Laguna | 650 m 30′ | 0 | 9 | 31 | 250 | 250 | 0 |
| | | 14. April 1908 | | | | | | |
| 8h | Vor Laguna, freies Feld | 28° 30′ | 0 | 10 | 32° | 90 | 90 | 0 |
| 8 30 | Ob „ „ | 700 m | 0 | 10 | 38 | 310 | 310 | 0 |
| 9 | „ im Lorbeerwald | 780 m 31 | 0 | 10 | 45 | 14 | | |
| 9 30 | „ | | 0 | 10 | 51 | 17 | | |
| | vor „ | | 0 | 10 | | 167 | | |
| | 100 m „ „ | | 0 | 10 | | 250 | | |
| 10 | im „ | 800 m 32 | 0 | 10 | 57 | 9 | | |
| 10 10 | vor „ | 880 m | 0 | 10 | 58 | 310 | | |
| 10 15 | „ „ | | 1 | 10 | 60 | 620 | | |
| 10 20 | im „ | | 1 | 10 | 61 | 28 | | |

| Stunde | Ort | | Geogr. Breite | Sonne | Bewölkung | Sonnenhöhe | $J_g$ | $J_d$ | $J_s$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 11½ | Anaga-Grat, frei | 965 m | 28° 32′ | 0 | 10 | 67 | 250 | | |
| 11 30 | „ Cruz | 1000 m | | 0 | 10 | 69 | 250 | | |
| 12 | | | | | | 70° 49′ | | | |
| 12 15 | „ | 850 m | | 1 | 10 | 70 | 420 | | |
| 12 45 | „ | 800 m | | 1 | 10 | 68 | 360 | | |
| 2 | „ | 860 m | 33 | 0 | 10 | 57 | 210 | | |
| 4 | Ob Taganana | 250 m | 34 | 0 | 10 | 32 | 250 | | |
| 5 | „ | 170 m | | 0 | 10 | 19 | 125 | | |
| 5 10 | „ | | | 3—4 | 5 | 17 | 250 | 167 | 83 |
| | | | 15. April 1908 | | | | | | |
| 6h 10 | Draguillo de Taganana | 170 m | 28° 35′ | 0 | 9 | 6 | 42 | 42 | 0 |
| 7 45 | Ojo del Draguillo, Grat | 660 m | „ | 2 | 9 | 29 | 360 | 360 | 0 |
| 8 | Paso „ „ „ | 660 m | | 0 | 10 | 32 | 210 | 210 | 0 |
| 9 45 | La Grosita, Grat | 620 m | 34 | 2 | 8 | 54 | 630 | 630 | 0 |
| 10 10 | „ | 640 m | | 2 | 8 | 58 | 420 | 420 | 0 |
| 10 20 | „ | 640 m | | 3—4 | 6 | 60 | 840 | 420 | 420 |
| 11 | „ | 600 m | | 3—4 | 8 | 67 | 840 | 500 | 340 |
| 11 30 | „ | 540 m | 33 | 4 | 2 | 69 | 900 | 310 | 590 |
| 12 | | | | | | 71° 10′ | | | |
| 2 15 | Igueste | | 32 | 1 | 10 | 54 | 420 | 420 | 0 |
| | | | 16. April 1908 | | | | | | |
| 12h | Sta. Cruz de Tenerife | | 28° 28 | 4 | 4 | 71° 36′ | 960 | 420 | 540 |
| | | | 17. April 1908 | | | | | | |
| 9h 15 | Sta. Cruz an Bord | | 28° 28′ | 2 | 8 | 49 | 360 | 360 | 0 |
| 10 | „ „ | | „ | 2 | 8 | 58 | 360 | 360 | 0 |
| 12 | Tenerife-Cádiz „ | | 45 | 4 | 3 | 71° 41′ | 1130 | 360 | 770 |
| 1 | „ „ | | 53 | 4 | 3 | 68 | 960 | 310 | 650 |
| 2 | „ „ | | 29° 2′ | 4 | 2 | 58 | 820 | 250 | 570 |
| 3 | „ „ | | 10 | 4 | 1 | 46 | 690 | 210 | 480 |
| 4 | „ „ | | 19 | 4 | 2 | 32 | 500 | 167 | 333 |
| 5 | „ „ | | 28 | 4 | 2 | 19 | 250 | 125 | 125 |
| | | | 19. April 1908 | | | | | | |
| 7h | Tenerife-Cádiz, an Bord | | 34° 57′ | 0 | 10 | 20 | 125 | 125 | 0 |
| 8 | „ „ | | 35° 6′ | 2 | 10 | 32 | 420 | 420 | 0 |
| 9 | „ „ | | 15 | 2 | 10 | 43 | 500 | 500 | 0 |
| 10 | „ „ | | 23 | 2 | 10 | 53 | 500 | 500 | 0 |
| 11 | „ „ | | 32 | 3—4 | 6 | 62 | 1000 | 500 | 500 |
| 12 | „ „ | | 41 | 3—4 | 6 | 65° 26′ | 1130 | 500 | 630 |
| 1 | „ „ | | 49 | 3 | 5 | 62 | 830 | 620 | 210 |
| 2 | „ „ | | 58 | 4 | 4 | 53 | 560 | 360 | 200 |
| 3 | „ „ | | 36° 7′ | 4 | 3 | 43 | 500 | 310 | 190 |
| 4 | „ „ | | 15 | 4 | 4 | 32 | 420 | 250 | 170 |
| 5 | „ „ | | 24 | 4 | 4 | 20 | 310 | 207 | 103 |
| 6 | Cádiz „ | | 30 | 4 | 2 | 7 | 62 | 62 | 0 |
| | | | | | | Lichtsumme | 265 | 181 | 84 |

## Mittel und Extreme der Lichtintensitäten bei verschiedenen Sonnenhöhen auf dem Meere und in Orotava, 100 m ü. M., bei $S_4$.

| | Sonnenhöhe | Zahl der Messungen | $J_g$ | $J_d$ | $J_s$ | $J_d : J_s$ | $J_g$ Min. | $J_g$ Max. | $J_d$ Min. | $J_d$ Max. | $J_s$ Min. | $J_s$ Max. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $S_4$ | 0—10° | 10 | 61 | 59 | 2 | 100 : 4 | | 125 | | 100 | | 25 |
| | 10—20 | 12 | 251 | 156 | 95 | 100 : 61 | 100— | 500 | 71— | 210 | 0— | 330 |
| | 20—30 | 13 | 495 | 264 | 231 | 100 : 88 | 167— | 830 | 100— | 360 | 67— | 470 |
| | 30—40 | 14 | 617 | 283 | 334 | 100 : 118 | 420— | 840 | 167— | 500 | 170— | 630 |
| | 40—50 | 19 | 813 | 358 | 455 | 100 : 127 | 500— | 1130 | 190— | 500 | 190— | 760 |
| | 50—60 | 24 | 981 | 403 | 578 | 100 : 143 | 560— | 1400 | 250— | 620 | 200— | 900 |
| | 60—71 | 24 | 1183 | 437 | 746 | 100 : 171 | 830— | 1400 | 310— | 630 | 500— | 900 |
| $S_3$ | 0—10° | 0 | | | | | | | | | | |
| | 10—20 | 4 | 237 | 176 | 61 | 100 : 35 | 167— | 280 | 125— | 210 | 42— | 83 |
| | 20—30 | 4 | 382 | 294 | 88 | 100 : 30 | 250— | 500 | 167— | 420 | 50— | 140 |
| | 30—40 | 3 | 577 | 450 | 127 | 100 : 28 | 420— | 740 | 310— | 620 | 110— | 150 |
| | 40—50 | 5 | 638 | 464 | 174 | 100 : 37 | 500— | 830 | 360— | 500 | 120— | 330 |
| | 50—60 | 2 | 790 | 500 | 290 | 100 : 58 | 620— | 960 | 500— | 500 | 120— | 460 |
| | 60—71 | 7 | 881 | 473 | 408 | 100 : 86 | 620— | 1000 | 360— | 630 | 210— | 600 |
| $S_2$ | 0—10° | 1 | 28 | | | | | | 28— | 28 | | |
| | 10—20 | 1 | 210 | | | | | | 210— | 210 | | |
| | 20—30 | 3 | 363 | | | | | | 280— | 450 | | |
| | 30—40 | 3 | 413 | | | | | | 360— | 460 | | |
| | 40—50 | 6 | 537 | | | | | | 360— | 730 | | |
| | 50—60 | 10 | 570 | | | | | | 360— | 770 | | |
| | 60—70 | 3 | 680 | | | | | | 500— | 830 | | |
| $S_1$ | 0—10° | 3 | 35 | | | | | | 30— | 42 | | |
| | 10—20 | 4 | 141 | | | | | | 60— | 192 | | |
| | 20—30 | 1 | 360 | | | | | | 360— | 360 | | |
| | 30—40 | 1 | 360 | | | | | | 360— | 360 | | |
| | 40—50 | 2 | 430 | | | | | | 360— | 500 | | |
| | 50—60 | 4 | 490 | | | | | | 420— | 620 | | |
| | 60—70 | 5 | 524 | | | | | | 500— | 620 | | |
| $S_0$ | 0—10° | 5 | 33 | | | | | | 12— | 55 | | |
| | 10—20 | 6 | 96 | | | | | | 19— | 125 | | |
| | 20—30 | 9 | 233 | | | | | | 125— | 360 | | |
| | 30—40 | 9 | 267 | | | | | | 100— | 500 | | |
| | 40—50 | 3 | 373 | | | | | | 250— | 620 | | |
| | 50—60 | 4 | 271 | | | | | | 125— | 500 | | |
| | 60—70 | 3 | 430 | | | | | | 310— | 620 | | |

Auf der Tabelle habe ich die Messungen bei verschiedenen Sonnenhöhen zusammengestellt, dabei je 10° zusammengefasst und das Mittel genommen aus den Messungen, die in dieses Intervall fallen und zwar getrennt für die fünf gewöhnlich unterschiedenen Grade der Sonnenbedeckung. Es sind nur die Messungen verwendet worden, die auf dem Meer gemacht wurden oder auf dem Land in nur ge-

ringer Meereshöhe; die geographische Breite schwankte zwischen 28 und 40°.

Neben den Durchschnittszahlen des gesamten diffusen und direkten Lichtes aus der Beobachtungszeit (17. März bis 19. April) sind auch die Maxima und Minima jeder Lichtart und das Durchschnittsverhältnis von diffusem zu direktem Licht angegeben.

Betrachten wir zuerst die Zahlen bei vollem Sonnenschein $S_4$. Jede Lichtart steigt mit der Sonnenhöhe. Bei derselben Sonnenhöhe kommen bedeutende Differenzen in den Lichtintensitäten vor; die Maxima und Minima der einen Gruppe von Sonnenhöhen greifen weit in die andern Gruppen hinüber, zum Beispiel die Sonnenhöhen unter 49° 59′ haben Intensitäten bis 1130, Sonnenhöhen über 50° gehen hinunter bis 560. Die höchste auf dem Meer gemessene Intensität war **1400**, sowohl zwischen 50 und 60° Sonnenhöhe als auch zwischen 60 und 70°. Zum Vergleich diene: höchste Intensität in Wien 1500, auf dem Berninahospiz von 60—70° Sonnenhöhe 1800, von 50—60° 1660, Sandlingalpe 1800[1]), bei Cairo 714 bei 53°. Letzteres zeigt eine merkwürdig kleine Zahl; Wiesner war jedoch nur sehr kurze Zeit dort und hatte nur an einem Tag $S_4$ über Mittag; in Buitenzorg waren die Maxima 1612 bei 75°, 1538 bei 68°, 1428 bei 58° Sonnenhöhe. Das direkte Licht erhebt sich auf dem Meeresniveau nur bis **900**, auf dem Berninahospiz bei 2309 m über Meer ging es bis **1330,** also ein grosser Unterschied; hingegen für das diffuse Licht liegt die Sache ganz anders: **630** für das Meeresniveau, **600** für den hohen Bergpass. Die Lichtfülle hoher Standorte beruht auf dem direkten Licht. Das stärkste diffuse Licht wurde an beiden Orten bei der Sonnenbedeckung $S_2$ gefunden, unten **830**, oben **900**.

Mit zunehmender Sonnenbedeckung nimmt das Gesamtlicht und das direkte Licht rasch ab, das diffuse hingegen nimmt zu von $S_4$ bis $S_2$; dort wird es mit dem gesamten identisch und nimmt nun ab bis $S_0$.

Vergleichen wir die Stärke des diffusen und direkten Lichtes, so ergibt sich, dass sie durchschnittlich bei zirka 29° Sonnenhöhe einander gleich werden (in Wien erst bei 57°, Lissabon 51°, auf Berninahospiz schon bei 16°), vereinzelt schon bei 14° und 19° (Wien 33°, Bernina 8½°). Den doppelten Wert des diffusen erreicht das direkte nur ausnahmsweise auf dem Meeresniveau): in Casablanca 840 : 420 am 25. März bei 58°, auf freiem Meer 840 : 420 am 29. März bei 62°, Orotava-Strand 31. März und 1. April bei 66°, und besonders am 17. April 770 : 360 bei 72°, 650 : 310 bei 68°, 570 : 250 bei 58° und **333 : 167 bei 32°.**

[1]) Von v. Weinzierl beobachtet.

[2]) Bei der Piktour werden wir ganz andere Verhältnisse in der Höhe sehen.

Bei Sonnenbedeckung $S_3$ bleibt das direkte im Durchschnitt schon bedeutend unter dem diffusen Licht, auch mit seinem Maximum 600 gegen 630, nicht einmal in vereinzelten Fällen können sie mehr gleich werden.

Das Gesamtlicht ist am Meer fast gleich stark wie auf dem Berninahospiz, jedoch so verteilt, dass bei hohen Sonnenständen das Alpenlicht viel bedeutender ist, bei mittleren Sonnenständen hingegen das Meer grössere Zahlen aufweist. Diffuses Licht hat das Meeresniveau bedeutend mehr, hauptsächlich bei niedern und mittleren Sonnenständen, während es bedeutend weniger direktes Licht hat. Interessant zu untersuchen ist nun, ob das viele diffuse Licht bei niederer Meereshöhe eine verschiedene Verteilung aufweist zwischen den Messungen, die auf dem Meer selber und denen, die am Strand oder nicht weit davon auf festem Erdboden ausgeführt sind. Zu diesem Zweck habe ich die Messungen bei $S_4$ in folgender Tabelle gesondert:

| Sonnenhöhen | auf dem Land | | | | | auf dem Meer | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $n$ [1]) | $J_g$ | $J_d$ | $J_s$ | $J_d : J_s$ | n | $J_g$ | $J_d$ | $J_s$ | $J_d : J_s$ |
| 10—20° | 4 | 296 | 147 | 149 | 100 : 101 | 8 | 229 | 161 | 68 | 100 : 42 |
| 20—30 | 4 | 672 | 327 | 345 | 100 : 105 | 9 | 417 | 236 | 181 | 100 : 77 |
| 30—40 | 6 | 658 | 278 | 380 | 100 : 137 | 8 | 585 | 286 | 299 | 100 : 105 |
| 40—50 | 8 | 858 | 359 | 499 | 100 : 139 | 11 | 780 | 357 | 423 | 100 : 118 |
| 50—60 | 12 | 1015 | 402 | 613 | 100 : 152 | 12 | 946 | 403 | 543 | 100 : 135 |
| 60—70 | 16 | 1163 | 436 | 727 | 100 : 167 | 8 | 1223 | 439 | 784 | 100 : 179 |

Der Vergleich zeigt in der Tat, dass auf dem Meer das diffuse Licht einen grösseren Anteil ausmacht, besonders bei niederen Sonnenständen. In Prozenten vom diffusen Licht ausgedrückt, hat es auf dem Meer bei 10—20° Sonnenhöhe 59% weniger direktes,

bei 20—30° noch 28,
„ 30—40° „ 32,
„ 40—50° „ 21,
„ 50—60° „ 17.

Mit steigender Sonne nimmt die Differenz ab, bei den höchsten Ständen kann sie sogar sich umkehren. Die auf dem Meer gemessenen Zahlen ergeben, dass Gleichheit von diffusem und direktem Licht erst bei zirka 33° eintreten, während die Landmessungen schon bei zirka 15°; diese letztere Zahl aber stützt sich, wie die Tabelle zeigt, nur auf vier Messungen, hat also nur geringes beweisendes

[1]) $n$ = Zahl der Messungen.

Gewicht und sind die Zahlen zwischen 20 und 30° Sonnenhöhe noch nahezu gleich. Bemerkenswert ist, dass die hohen Sonnenstände überhaupt etwas sehr ausgleichendes an sich haben. Nicht nur sind sie auf dem Meer fast gleich wie auf dem Land mit geringer Meereshöhe, sondern auch mit dem Berninahospiz (2309 m) verglichen, unterscheiden sie sich, wenigstens bei Sonnenbedeckung $S_0$—$S_2$, kaum. Bei $S_3$—$S_4$ besteht die Ähnlichkeit noch für das diffuse Licht. Dieses nimmt ja mit der Höhe ab, aber auch vornehmlich bei niedern Sonnenständen, bei hohen fast gleich bleibend.

Wiesner fand, „dass die Annäherung der Intensitäten in Wien und Buitenzorg bei hohem Sonnenstande und bei völlig unbedeckter Sonne am grössten ist", während im allgemeinen Buitenzorg viel höhere Lichtintensitäten aufweist als Wien. Teneriffa zeigt sehr ähnliche Zahlen wie Buitenzorg. Dass die vereinzelten Buitenzorger Zahlen zwischen 1300 und 1600 in Orotava nicht vorkamen, glaube ich nicht dem Umstand zuschreiben zu müssen, dass sie nicht vorkommen, sondern dass von den 16 Messungen bei $S_4$ zwischen 60 und 70° 12 bei nicht über 66° Sonnenhöhe gemessen sind und zwei weitere bei sehr starken Himmelsbedeckungen. Est länger fortgesetzte Messungen könnten zeigen, wie sich diese beiden Lichtklimata zu einander verhalten.

## Lichtsummen.

Um ein Mass für die gesamte Lichtmenge eines Tages zu bekommen, werden Lichtsummen gebildet. Roscoe hat eine einfache Integrationsmethode gefunden, um aus stündlichen Lichtmessungen die Lichtsumme zu berechnen: Es wird die Fläche berechnet, welche die Tageskurve der Lichtintensität mit der Abscissenaxe bildet, auf der die Tagesstunden abgetragen sind. Vergleicht man diese Fläche mit einem Rechteck von der Grundlinie 24 und der Höhe der Intensitätseinheit und setzt diese Rechtecksfläche = 1000, so drückt der resultierende Bruchteil von 1000 die Lichtsumme aus.

Es eignen sich dazu nur Tage, an denen von Morgens bis Abends gleichmässig beobachtet wurde, auf dem Meere die folgenden Tage.

Es bedeutet:

$S_g$ = Lichtsumme des Gesamtlichtes,
$S_d$ = „ „ diffusen Lichtes,
$S_s$ = „ „ direkten Lichtes,
$\varphi$ = geographische Breite.

| Datum | Ort | $\varphi$ | Tagesmittel Sonne | Tagesmittel Bew. | Sonnenhöhe Max. | $S_g$ | $S_d$ | $S_s$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 20. März | Mittelmeer | $36^1/_2{}^0$ | 1,9 | 7,4 | 53° 21′ | 152 | 103 | 49 |
| 23. „ | Ozean | $34^1/_2$—$34^0$ | 1,8 | 7,1 | 56° 56′ | 250 | 208 | 42 |
| 24. „ | „ | $34^0$ | 4,0 | 0,5 | 57° 25′ | 312 | 129 | 183 |
| 27. „ | „ | $31^1/_2$—$30^1/_2{}^0$ | 2,0 | 7,6 | 61° 23′ | 231 | 197 | 34 |
| 28. „ | „ | 29 —$28^0$ | 3,3 | 3,6 | 64° 13′ | 372 | 176 | 196 |
| 29. „ | „ [1]) | 28 —$28^1/_2{}^0$ | 3,9 | 3,3 | 65° 7′ | 427 | 181 | 246 |
| 19. April | „ | 35 —$36^1/_2{}^0$ | 3,0 | 6,2 | 65° 26′ | 265 | 181 | 84 |
| Mittel | „ | 28 —$36^1/_2{}^0$ | 2,8 | 5,1 | 60° 33′ | 287 | 168 | 119 |

Von diesen sieben Tagen gehören vier zu Schönwettertagen (Sonnenbedeckung 3—4) und drei zu bedeckten ($S_0$—$S_2$). Die höchste Summe 427 steht über der höchsten von Wien 419, unter der des Berninahospizes 505. Das Mittel ist dem des Berninahospizes im Monat Mai bei annähernd gleicher Sonnenhöhe sehr ähnlich.

## Die Piktour.

In der Region über den Wolken auf dem Pico de Teyde kommt fast nur noch die Formation der Retama blanca (Spartocytisus supranubius [L] Christ) vor. Die Gegend ist bekannt für trockene, klare Luft, grosse Lichtfülle. Diese Lichtfülle zu prüfen und in genauen messbaren und vergleichbaren Grössen zu fixieren war von hohem Interesse, nachdem die andern klimatischen Faktoren schon öfter studiert worden sind. Allerdings haftet den Messungen ein grosser Nachteil an, das ist die kurze Zeitdauer. Sind die Zahlen dieses kurzen Ausflugs nahe den Mittelzahlen, die da oben herrschen, oder nähern sie sich den maximalen oder minimalen Werten? Das könnte erst eine längere Beobachtungszeit beantworten und es ist sehr zu hoffen, dass die Station, die in den Cañadas errichtet wird, sich auch mit Lichtmessungen befasse!

Suchen wir unterdessen aus der kurzen Beobachtungsdauer etwas herauszulesen durch Vergleich mit dem Berninahospiz, wo die Messungen das ganze Jahr gedauert hatten.

Bei der Besteigung des Pik fiel mir in erster Linie auf, dass schon für das blosse Auge nicht die erwartete grosse Lichtfülle eintrat.[2]) Während bei Touren in den Alpen das starke Blenden häufige Benutzung der schwarzen Brille nötig macht, störte mich hier auf dem Pik das Licht auch ohne Brille fast gar nicht. Ein Vergleich der gemessenen Lichtintensitäten bestätigt die Wahrnehmung.

[1]) Vormittags bis 9 Uhr an Land.

[2]) Vergl. auch die starke Strahlung (Wärme), die Piazzi Smith 1858 fand (Proc. of the Roy. Soc.).

Sehr ähnliche Zahlen wie die Piktour zeigt, auf dem Dache des Berninahospizes (2320 m) gemessen, der 8. Juni 1906, den ich zum Vergleich hieher setze:

8. Juni 1906.

| Stunde | Sonne | Bewölkung | Sonnenhöhe | Lichtintensität gesamte | diffuse | direkte |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $6^h$ | 4 | 0 | 16° 24′ | 150 | 90 | 60 |
| 7 | 4 | 0 | 26 31 | 440 | 110 | 330 |
| 8 | 4 | 0 | 36 54 | 600 | 160 | 440 |
| 9 | 4 | 0 | 47 0 | 640 | 180 | 460 |
| 10 | 4 | 0 | 56 18 | 670 | 200 | 470 |
| 11 | 4 | 0—1 | 63 34 | 1000 | 200 | 800 |
| 12 | 4 | 1 | 66 24 | 1200 | 200 | 1000 |
| 1 | 3—4 | 3° | 63 34 | 760 | 200 | 560 |
| 2 | 4 | 4° | 56 18 | 1000 | 180 | 820 |
| 3 | 1 | 7¹ | 47 0 | 320 | 320 | 0 |
| 4 | 2 | 7¹ | 36 54 | 350 | 350 | 0 |
| 5 | 3 | 9² | 26 31 | 390 | 220 | 170 |
| 6 | 0 | 9² | 16 24 | 35 | 35 | 0 |
| 7 | 0 | 9² | 6 45 | 30 | 30 | 0 |
| | | | Lichtsumme | 316 | $S_d$ 103 | $S_s$ 213 |

In den Sonnenhöhen über 60° haben wir bei $S_4$ hier Intensitäten von 1000 und von 1200, dort auch 1000 und 1250 (auch 960 bei 2550 m ü. M.);

Bernina bei 56° 670, Pik bei 54½° 2360 m 690
„ „ 26½ 440, „ „ 26° 2140 m 420

Auf der Spitze des Pik bei 3730 m
bei 23° 330, vergleiche Bernina 26½° 440
„ 16½° 210, „ „ 16½ 150;
unter dem Pik bei 3490 m 54½° 830. dasselbe beim Aufsteigen 6. April bei 54°, dasselbe auch auf Bernina bei 52° am 12. April und 11. Mai 1907.

Für die Intensitäten des Gesamtlichtes finden wir auf dem Berninahospiz immer Beispiele für Gleichheit, doch ist die Variationsbreite sehr gross und sind diese Zahlen für Bernina unter dem Mittel; ob sie es für den Pik auch sind, könnten nur längere Messungen ergeben. Für das Berninahospiz sind die Mittel und Extreme bei $S_4$ folgende:

| Sonnenhöhe | Mittel | Minimum | Maximum |
|---|---|---|---|
| 10—20° | 227 | 73 | 450 |
| 20—30 | 328 | 145 | 610 |
| 30—40 | 537 | 280 | 830 |
| 40—50 | 751 | 450 | 1300 |
| 50—60 | 1101 | 670 | 1660 |
| 60—67 | 1323 | 900 | 1800 |

Bietet also die Intensität des Gesamtlichtes auf dem Pik nichts besonderes, so ändert sich's, wenn wir zur Betrachtung des Verhältnisses vom diffusen zum direkten Sonnenlicht übergehen. Das diffuse Licht nimmt mit der Höhe ab und erreicht über der Wolkenregion merkwürdig kleine Beträge.

| | über 2200 m am Pik | Meeresniveau | Berninahospiz |
|---|---|---|---|
| 60—70° | 150—190 | 310—630 | 200—600 |
| 50—60 | 100—170 | 250—620 | 150—650 |
| 40—50 | 80—130 | 190—500 | 120—500 |
| 30—40 | 70—130 | 167—500 | 90—310 |

Es reichen also die Maxima der Zahlen in der Höhe nicht einmal an die Minima beim Meeresniveau. Die zwischenliegenden Höhen zeigen mittlere Zahlen (vergleiche 6. April). Das Gegenstück dazu bildet das direkte Sonnenlicht. Haben wir gesehen, dass es auf Meereshöhe nur selten den doppelten Wert des diffusen erreicht bei den höchsten Sonnenständen, so zeigt es auf dem Pik schon bei 16½° trotz Dunst den dreifachen Wert, bei 29° 33′ den fünffachen, bei 36—43° etwas über den fünffachen, während bei 2220 m den dreifachen, bei 2070 m den doppelten, bei 750 m nicht einmal mehr den doppelten Wert (250 : 580). Bei 3030 m und 64° erreicht es den sechsfachen Wert, eine hohe Zahl erreicht das Verhältnis auch noch auf dem Grat der Fortaleza bei 68° Sonnenhöhe bei 2140 m: sechsfach (160 : 970). Das sind ganz enorme Werte. Die einzigen bekannten Werte ähnlich ausgeprägter Verhältnisse sind:

$J_s = 4{,}5\ J_d$ in Norris U. S. A. 2212 m ü. M. bei 53° Sonnenhöhe am 1. Sept. 1904 von Wiesner gemessen.[1])

$J_s = 5\ J_d$ auf dem Berninahospiz bei 42° am 8. Aug. 1906, bei 66½° am 8. Juni 1906; auf Piz Morteratsch 3754 m bei 28° am 17. Juli 1906 und auf Piz Lagalb 2962 m bei 60½° am 6. 1906.

$J_s = 6{,}5\ J_d$ auf Piz Tschierva 3564 m bei 43° am 17. Juli 1906.

Von Samec[2]) im Luftballon über Wien gemessen bei 3000 m 4,5fach, bei 3500 m 5fach, bei 4200 m 5,7fach.

Man kann natürlich nur Zahlen brauchen, die bei freiem Horizont gemessen sind; ein unfreier vermindert das diffuse Licht und verschärft dadurch den Gegensatz zum direkten: in einem Zimmer, in das die Sonne hineinscheint, kann das direkte den 10-, 20- und noch mehrfachen Betrag des diffusen ausmachen; daher berücksichtige ich auch nicht den 6,6fachen Wert am 7. April 2ʰ 20.

[1]) Aus Photochem. Klima des Yellowstonegebietes etc. Wiener Denkschriften 1906.

[2]) Zur Kenntnis der Lichtintensitäten in grossen Seehöhen. Wiener Sitzungsberichte 1907 und 1908.

## Wolkenregion.

In der Wolkenregion herrscht sehr gedämpftes Licht; das direkte ist verschwunden, das gesamte ist nur diffus. Am 6. April wäre bei einer Intensität von 1000 um 11 und $1^h$ ausserhalb der Wolke eine $12^h$-Intensität von zirka 1200—1250 zu erwarten; statt dessen umzieht uns der Nebel bald stärker, bald schwächer, und wir haben 620—830. An diesem Tag war die Wolkenschicht dort, wo wir sie durchquerten, nur 150 m dick (1300—1450 m ü. M.). Beim Abstieg am 8. April lagerte die Wolke auf der Ladera di Tigaiga, über die wir abstiegen, von 1700—1100 m. Der Betrag der Lichtintensität sank auch entsprechend viel stärker: von 900 bei 1750 m auf 620 bei 1680 m, auf 250 bei 1540 m, auf 125 bei 1370 m; ausserhalb der Wolke wäre in der kurzen Zeit die Intensität von 900 höchstens auf 800—700 gesunken, also ist nur $^1/_6$ der sonst zu erwartenden Lichtmenge übrig geblieben. In dieser Region umgab uns ein Wald von Erica arborea L.

## Der Lorbeerwald.

In den dichtbelaubten Lorbeerwald dringen nur geringe Mengen der gesamten Lichtintensität. Der 30. März und 14. April bieten je ein Beispiel bei schönem Wetter mit unbedeckter Sonne und mit bedeckter Sonne. Bei wolkenlosem Himmel traten wir in den prachtvollen Wald von Agua García ein; sofort fiel die Lichtintensität von 1320 auf 830, obwohl hier am Eingang der Wald noch licht war und die Sonne noch durchschien. Im dunkeln Innern wurde $2^h$ 30 nur 42 gemessen gegen 1000, die in der Sonne zu erwarten gewesen wären bei diesen 46° Sonnenhöhe; es herrschte also nur der 24. Teil des Tageslichtes. An weniger dichter Stelle waren es um 3 Uhr 63 statt zirka 800—900, also zirka der 12.—14. Teil. In diesem Dunkel gedeihen die schönen Farne, die einen so subtropisch anmuten. Ähnliches messen wir auch bei bedeckter Sonne und vollkommen bedecktem Himmel im Lorbeerwald von Mercedes am 14. April: $9^h$ 30 hatten wir im Feld 250 Intensität, am Waldrand nur 167 und im Wald 17, das ist der 15. Teil. Um $10^h$ ist der Unterschied von vor und im Wald 310 : 9 gleich dem 34. Teil. $10^h$ 15 wird die Wolkendecke vor der Sonne dünner, das Licht steigt auf 620, im Wald 28, dem 22. Teil. Leider gestattete die Zeit nicht, den einzelnen Pflanzenarten im Lorbeerwald nachzugehen, um obere und untere Grenzen des Lichtgenusses[1]) zu bestimmen. Die Mes-

[1]) Der Lichtgenuss „L" (Wiesner) wird ausgedrückt durch das Verhältnis der Lichtintensität am Standort der Pflanze „i" zur gesamten „J".

$$L = \frac{i}{J}$$

sungen sind auch nicht an den Pflanzen oder am Boden ausgeführt, sondern etwa 150 cm über dem Boden, geben also mittlere Lichtstärken des Waldes an. An diesen Standorten mit Lichtgenuss $^1/_{10}$ bis $^1/_{40}$ wachsen die schönen Farne des dortigen Waldes; es kriecht die Davallia canariensis Sm. an den Baumstämmen empor; darunter breitet die Woodwardia radicans Sm. ihre grossen Wedel aus. Auch die Büsche von Viburnum rugosum Pers., von Ilex platyphylla Webb et Berth. gedeihen im Halbdunkel, gehen aber auch in hellere Partien und in dunklere Ecken. Mit wie wenig Licht einzelne Pflanzenarten zufrieden sind, gibt Wiesner an[1]): In den Tropen findet sich der letzte Grasanflug bei $^1/_{100}$ Lichtgenuss, in Mitteleuropa bei $^1/_{75}$, Oxalis acetosella, eine unserer extremsten Schattenpflanzen, bis $^1/_{70}$.

## Zusammenfassung der hauptsächlichsten Resultate.

1. In der Beobachtungszeit war auf dem Meer 1400 die höchste gemessene Gesamtlichtstärke, 830 die höchste diffuse, 900 die höchste direkte. — $J_g$ und $J_s$ sind bei $S_4$ am stärksten, $J_d$ bei $S_2$.

2. Auf dem Meere erreicht das direkte Sonnenlicht nur vereinzelt den doppelten Wert des diffusen; niederste Sonnenhöhe, bei der dies zutraf, 32° (Wien 57°, Berninahospiz 16°). — $J_d = J_s$ durchschnittlich bei 33° (Wien 57°, Berninahospiz 16°), vereinzelt bei 19° (Wien 33°, Berninahospiz $8^1/_2$°).

3. Auf dem Meer ist das diffuse Licht stärker als auf dem Land.

4. Hohe Sonnenstände haben auf die Lichtintensitäten eine ausgleichende Wirkung.

5. Die Lichtsummen steigen auf dem Meer höher als in Wien.

6. Auf dem Pik herrschten nicht die grossen erwarteten Lichtstärken. Die Zahlen vom 6.—8. April 1908 blieben unter dem Mittel derjenigen des Berninahospizes bei gleicher Sonnenhöhe und Sonnenbedeckung.

7. Das direkte Sonnenlicht erreichte in grosser Seehöhe den 6fachen Wert des diffusen (nur einmal überschritten durch den 6,5fachen auf dem Piz Tschierva [Engadin] bei 3564 m).

8. In der Wolkenregion herrscht $^1/_{1,5}$—$^1/_6$ des Tageslichtes; im Lorbeerwald im Mittel $^1/_{10}$—$^1/_{40}$.

[1]) Wiesner, Der Lichtgenuss der Pflanzen, Leipzig, Engelmann 1907, S. 165.

# Über die Anwendung von Fourier-Reihen auf einige Aufgaben der Geometrie und Kinematik.

Von

Ernst Meissner.

---

Es werden im folgenden einige Untersuchungen angestellt, die an eine Arbeit anschliessen, welche Herr Hurwitz in den Annales de l'école normale von 1902 publiziert hat. (Zitat Seite 311). Mit Hülfe von Fourier-Entwicklungen werden einige Klassen konvexer geschlossener Kurven untersucht, deren Stützgeradenfunktionen (vergl. Abschnitt I) gewisse Periodizitätseigenschaften besitzen. In den Entwicklungen spielt der Steinersche Krümmungsschwerpunkt eine gewisse Rolle. Im letzten Abschnitt sind einige ihn betreffende Sätze zusammengestellt.

## I.

Sei $C$ eine geschlossene, konvexe Kurve mit endlich vielen Ecken $E$[1]), und ohne geradlinige Randpartien. Im Bezug auf ein Axensystem $(x, y)$, dessen Anfangspunkt $O$ im Innern von $C$ gelegen sein mag, habe die Stützlinie $t(u)$, die den Winkel $u$ mit der $x$-Axe bildet, die Gleichung

$$x \sin u - y \cos u - p(u) = 0, \tag{1}$$

sodass $p(u)$ die Länge des Lotes $OQ$ bedeutet. (Fig. 1.) Durch die Funktion $p(u)$, ihre Stützgeradenfunktion[2]), ist die Kurve $C$ vollständig charakterisiert. Sie hat die Periode $2\pi$, ist stetig und differenzierbar, und $p'(u)$ bedeutet die Länge der Strecke $QP$. Im Berührungspunkt $P(u)$ von $t(u)$ sei der Krümmungsradius von $C$ gleich $\varrho(u)$. Wir machen darüber folgende Voraussetzung: Ist $t(u)$ eine durch eine Ecke $E$ gehende Stützlinie, und nicht gerade eine der Grenzlagen $t_1$, $t_2$ (Fig. 2), so soll $\varrho(u) = 0$ gesetzt werden. Für

---

[1]) Eine konvexe Kurve kann abzählbar unendlich viele Ecken haben. Ein einfaches Beispiel gibt Jensen: Konvexe Funktionen, Acta math. tome 30, pag. 191.

[2]) Minkowski: Volumen und Oberfläche. Math. Ann. Bd. 57, pag. 459.

die zu den Grenzlagen gehörigen Werte von $u$, sowie für eine endliche Anzahl weiterer Ausnahmepunkte sei $\varrho(u)$ zunächst noch unbestimmt. Für alle übrigen Werte von $u$ im Intervall $0 \leqq u < 2\pi$ sei $\varrho(u)$ beschränkt und stetig, und habe nicht unendlich viele Ma-

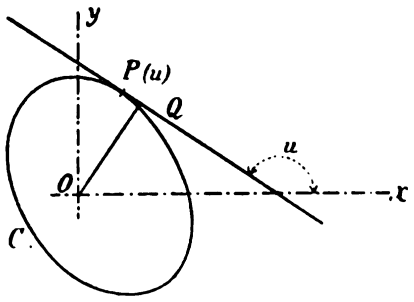



Fig. 1.

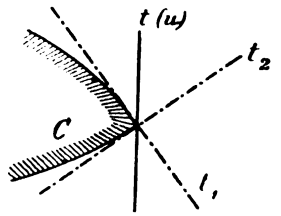



Fig. 2.

xima und Minima. Alsdann lässt sich $\varrho(u)$ in eine Fourier-Reihe nach $u$ entwickeln, die stets konvergiert und bei geeigneter Festsetzung von $\varrho(u)$ für die Ausnahmepunkte stets $\varrho(u)$ darstellt. Sei etwa

$$\varrho(u) = \frac{a_0}{2} + \sum_{\varkappa=1}^{\infty}{}' (a_\varkappa \cos \varkappa u + a'_\varkappa \sin \varkappa u). \tag{2}$$

Höchstens von den Ausnahmepunkten abgesehen gelten dann die Gleichungen

$$\varrho(u) = \frac{ds}{du} \qquad \varrho(u)\cos u = \frac{dx}{du} \qquad \varrho(u)\sin u = \frac{dy}{du}, \tag{3}$$

wo $(x, y)$ die Koordinaten von $P(u)$, $s$ die zu $P(u)$ gehörige Bogenlänge bedeuten. Da $C$ eine geschlossene Kurve ist, so folgt

$$\int_C dx = \int_0^{2\pi} \varrho(u)\cos u\, du = 0 \qquad \int_0^{2\pi} \varrho(u)\sin u\, du = 0,$$

$$\int_0^{2\pi} \varrho(u)\, du = \int_0^{2\pi} ds = L$$

also

$$a_1 = 0, \qquad a'_1 = 0, \qquad a_0 \pi = L = \text{Länge der Kurve } C. \tag{4}$$

Multipliziert man (2) mit $\cos u$, resp. $\sin u$ und integriert, so ergeben sich die für jedes $u$ gültigen Formeln

$$\left.\begin{aligned} x &= \xi + \sum_{\varkappa=1}^{\infty}{}' \left( -\frac{a'_{\varkappa+1} + a'_{\varkappa-1}}{2\varkappa} \cos \varkappa u + \frac{a_{\varkappa+1} + a_{\varkappa-1}}{2\varkappa} \sin \varkappa u \right) \\ y &= \eta + \sum_{\varkappa=1}^{\infty}{}' \left( \frac{a_{\varkappa+1} - a_{\varkappa-1}}{2\varkappa} \cos \varkappa u + \frac{a'_{\varkappa+1} - a'_{\varkappa-1}}{2\varkappa} \sin \varkappa u \right) \end{aligned}\right\}, \tag{5}$$

worin $\xi$ und $\eta$ durch die Gleichungen

$$\xi = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} x\,du \qquad \eta = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} y\,du \tag{6}$$

bestimmt sind, und die Koordinaten des Krümmungsschwerpunktes $\Sigma$ von $C$ bedeuten. (Vergl. Abschnitt X.) Endlich ergibt sich aus (5) nach (1) für $p(u)$ die Reihenentwicklung

$$p(u) = \frac{a_0}{2} - \eta\cos u + \xi\sin u - \sum_{\varkappa=2}^{\infty}\left(\frac{a_\varkappa}{\varkappa^2-1}\cos \varkappa u + \frac{a'_\varkappa}{\varkappa^2-1}\sin \varkappa u\right) \tag{7}$$

und analog aus

$$x\cos u + y\sin u - p'(u) = 0$$

$$p'(u) = \xi\cos u + \eta\sin u + \sum_{\varkappa=2}^{\infty}\left(\frac{\varkappa\, a_\varkappa}{\varkappa^2-1}\sin \varkappa u - \frac{\varkappa\, a'_\varkappa}{\varkappa^2-1}\cos \varkappa u\right). \tag{7'}$$

Die hiemit abgeleiteten Formeln, die für das Folgende Verwendung finden, sind von A. Hurwitz[1]) gegeben worden.

## II.

Im weitern werden einige fundamentale Formeln zusammengestellt.

Seien $t_1\ t_2\ t_3$ (Fig. 3) irgend drei Tangenten an die Kurve $C$, $P_1\ P_2\ P_3$ ihre Berührungspunkte, $Q_1\ Q_2\ Q_3$ die Fusspunkte der vom Anfangspunkt auf sie gefällten Lote, und $T'\ T''$ die Schnittpunkte der Tangenten $(t_1\ t_2)$ und $(t_2\ t_3)$. Sei ferner

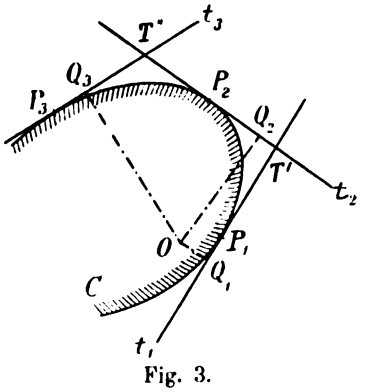


Fig. 3.

$$\angle\, Q_1\, O\, Q_2 = \alpha \qquad \angle\, Q_2\, O\, Q_3 = \beta$$

$$O\,Q_1 = p(u) = p_1 \qquad O\,Q_2 = p(u+\alpha) = p_2 \qquad O\,Q_3 = p(u+\alpha+\beta) = p_3,$$

dann ist

$$Q_1 P_1 = \frac{dp(u)}{du} = p'_1 \qquad Q_2 P_2 = \frac{dp(u+\alpha)}{du} = p'_2 \qquad O\,Q_3 = \frac{dp(u+\alpha+\beta)}{du} = p'_3$$

und für die Tangentenlängen

$$\tau_1 = P_1 T', \qquad \tau_2 = P_2 T', \qquad \tau_3 = P_2 T''$$

---

[1]) A. Hurwitz: Sur quelques applications géométriques des séries de Fourier. Ann. de l'école norm. T. XIX 1902, pag. 371, 380.

ergeben sich die Gleichungen

$$(8)\qquad \left.\begin{aligned} \tau_1 \sin\alpha &= p_2 - p_1\cos\alpha - p_1'\sin\alpha \\ \tau_2 \sin\alpha &= p_1 - p_2\cos\alpha + p_2'\sin\alpha \\ \tau_3 \sin\beta &= p_3 - p_2\cos\beta - p_2'\sin\beta \end{aligned}\right\}.$$

Bezeichnet

$$s = \tau_2 + \tau_3$$

die Seite $T'\,T''$, so wird

$$(9)\qquad s\sin\alpha\sin\beta = p_1\sin\beta + p_3\sin\alpha - p_2\sin(\alpha+\beta).$$

Der Bogen $P_1\,P_2 = b$ der Kurve $C$ berechnet sich aus

$$(10)\quad b = \int_u^{u+\alpha} \varrho(u)\,du = \int_u^{u+\alpha} \big(p(u)+p''(u)\big)\,du = \int_u^{u+\alpha} p(u)\,du + p_2' - p_1,$$

da für den Krümmungsradius die Gleichung gilt:

$$\varrho(u) = p(u) + p''(u).$$

Endlich ergeben sich noch für die Koordinaten $(X'\,Y')$ von $T'$ die Relationen

$$(11)\qquad \left.\begin{aligned} X'\sin\alpha &= p_2\cos u - p_1\cos(u+\alpha) \\ Y'\sin\alpha &= p_2\sin u - p_1\sin(u+\alpha) \end{aligned}\right\}.$$

## III.

Die rechten Seiten der Gleichungen (8) (9) (10) und (11) lassen sich vermittelst der Entwicklungen (7) (7[1]) für $p(u)$ und $p'(u)$ als Fourier-Reihen des Winkels $u$ darstellen. Dasselbe gilt für jede Linearkombination beliebig vieler dieser Ausdrücke. Derartige lineare Kombinationen sind z. B. Seite, Umfang und Schwerpunkt eines der Kurve $C$ umschriebenen Polygons. Sollen sie für jede Lage $(u)$ des Polygons denselben Wert haben, so müssen in der Darstellung durch die Fourier-Reihe alle variabeln Glieder verschwinden. Dies liefert im allgemeinen eine Reihe von Bedingungen für die Koeffizienten $a_\varkappa\,a_\varkappa'$, die in (7) auftreten, und damit auch für die Form der Kurve $C$.

Im folgenden wird dies für einige besondere Fälle ausgeführt.

## IV.

Wir legen an die Kurve $C$ jetzt $n$ Stützlinien unter den respektiven Winkeln

$$u_0 = u,\quad u_1 = u+\alpha,\ u_2 = u+2\alpha,\ \ldots\ u_{n-1} = u+(n-1)\,\alpha,\quad \alpha = \frac{2\pi}{n}$$

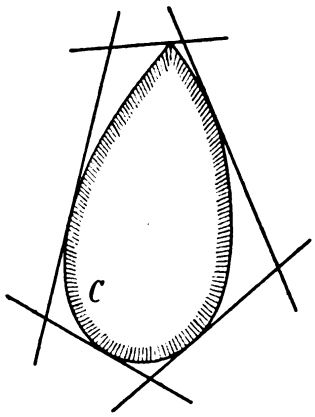



Fig. 4.

und nennen $U_n$ den Umfang des von ihnen gebildeten gleichwinkligen $C$ umschriebenen konvexen[1]) $n$-Ecks. (Fig. 4.) Nach (9) ergibt sich für die Länge $s_\varkappa$ der in $t(u_\varkappa)$ liegenden Seite desselben:

$$s_\varkappa \sin\alpha = p(u_{\varkappa-1}) + p(u_{\varkappa+1}) - 2\,p(u_\varkappa)\cos\alpha \quad (9^1)$$

und somit folgt

$$U_n = 2\,tg\left(\frac{\pi}{n}\right)\sum_{\varkappa=0}^{n-1} p(u+\varkappa\alpha) \qquad (12)$$

und wenn man die Entwicklung (7) einsetzt:

$$U_n = \left(\frac{n}{\pi}\right) tg\left(\frac{\pi}{n}\right) L - 2\,n\,tg\frac{\pi}{n}\sum_{\varkappa=1}^{\infty}{}' \frac{1}{\varkappa^2 n^2 - 1}\left[a_{\varkappa n}\cos(\varkappa n u) + a'_{\varkappa n}(\varkappa n u)\right]. \quad (12')$$

Bedeutet $U_n^*$ den Umfang des regulären $n$-Ecks, das dem Kreis von der Länge $L$ umschrieben ist, so kann dies auch geschrieben werden

$$U_n^* - U_n = 2\,n\,tg\frac{\pi}{n}\left\{\frac{1}{n^2-1}\left[a_n\cos nu + a'_n\sin(nu)\right] + \cdots\right\}.$$

Da in der Entwicklung rechts alle Fourier-Koeffizienten bis zum Index $(n-1)$ null sind, folgt nach einem von A. Hurwitz[2]) herrührenden Satze, dass die stetige Funktion $U_n^* - U_n$ im Intervall $0 \leq u < 2\pi$ wenigstens $2n$ mal verschwindet.

Es gibt also wenigstens zwei verschiedene gleichwinklige $C$ umschriebene $n$-Ecke vom Umfang $U_n^*$.

Wir wollen nunmehr alle diejenigen Kurven $C$ bestimmen, für welche *alle* umschriebenen gleichwinkligen $n$-Ecke denselben Umfang $U_n$ haben. Sie sollen kurz **$U_n$-Kurven** genannt werden. Es ergibt sich aus (12') für sie die Bedingung:

$$a_\varkappa = 0 \quad a'_\varkappa = 0 \text{ sobald } \varkappa \equiv 0 \pmod{n} \text{ und } \varkappa \neq 0 \qquad (13)$$

und es wird dann

$$U_n - \frac{n}{\pi}\cdot tg\left(\frac{\pi}{n}\right) L = U_n^*. \qquad (13')$$

Hieraus folgt der Satz:

**$U_n$-Kurven vom selben Polygonumfang haben alle dieselbe Länge.**

---

[1]) Es ist nicht ausgeschlossen, dass bei dieser Konstruktion einige der Polygonseiten eine Länge 0 bekommen, dann nämlich, wenn $C$ genügend spitze Ecken aufweist.

[2]) A. Hurwitz: Über die Fourierschen Konstanten integrierbarer Funktionen. Math. Ann. Bd. 57, § 9, Satz 9.

Aus der Bedingung (13) folgt ferner der Satz:

Haben alle der Kurve $C$ umschriebenen gleichwinkligen $n$-Ecke denselben Umfang, so gilt dies auch für die gleichwinkligen umschriebenen Polygone doppelter, dreifacher usw. Seitenzahl.

Die Bedingung für $U_n$-Kurven kann nach (12) auch durch die Relation

$$\sum_{\varkappa=0}^{n-1} p(u+\varkappa\alpha) = \text{konstant} \tag{14}$$

ausgedrückt werden. Sie ist also auch erfüllt für $p^*(u) = p(u) +$ Konstante. Aber $p^*(u)$ ist die Stützgeradenfunktion einer Parallelkurve zu $U_n$. Mithin gilt der Satz:

(Konvexe) Parallelkurven zu $U_n$-Kurven sind wieder $U_n$-Kurven.

Nach unserer Definition einer $U_n$-Kurve ist stets $n > 3$ vorauszusetzen. Wir wollen aber auch von $U_1$- und $U_2$-Kurven sprechen, wenn die Relation (14) für $n = 1$ resp. $n = 2$ erfüllt ist.

Für $n = 1$ wird dann $a_\varkappa = a'_\varkappa = 0$ für alle $\varkappa > 0$, und nach (5) also

$$\left.\begin{aligned} x &= \xi + \frac{a_0}{2}\sin u \\ y &= \eta - \frac{a_0}{2}\cos u \end{aligned}\right\}, \qquad (x-\xi)^2 + (y-\eta)^2 = \frac{a_0^2}{4}.$$

Die $U_1$-Kurven sind also die Kreise der Ebene.

Für $n = 2$ wird

$$p(u) + p(u+\pi) = b = \text{konstant}$$

und wir erhalten die von A. Hurwitz[1]) untersuchten Kurven konstanter Breite $b$. Es ist leicht einzusehen, wie sich die angegebenen Sätze für sie modifizieren.

## V.

Für $n = 3$ wird das gleichwinklige $n$-Eck regulär. Wir wollen nunmehr alle diejenigen Kurven (sie mögen **$P_n$-Kurven** heissen, bestimmen, deren sämtliche gleichwinklige umschriebene $n$-Ecke auch gleichseitig, also regulär sind.

Es muss dann in (9′) für irgend zwei Indizes $\lambda$, $\nu$

$$\sin\alpha\,(s_\lambda - s_\nu) = 0$$

sein. Setzt man abkürzend:

[1]) In der unter [1]) Seite 311 zitierten Arbeit.

$$A_\varkappa = -\frac{a_\varkappa}{\varkappa^2-1} \qquad A'_\varkappa = \frac{-a'_\varkappa}{\varkappa^2-1} \tag{15}$$

$$C_\varkappa = \cos(\varkappa\,\lambda\,\alpha) - \cos(\varkappa\,\nu\,\alpha) \qquad S_\varkappa = \sin(\varkappa\,\lambda\,\alpha) - \sin(\varkappa\,\nu\,\alpha), \tag{16}$$

so folgt das identische Verschwinden der Reihe

$$\sin\alpha\,(s_\lambda - s_\nu) =$$

$$2\sum_{\varkappa=1}^{\infty}\left[\cos\varkappa\alpha) - \cos\alpha\right]\left\{\left[A_\varkappa C_\varkappa + A'_\varkappa S_\varkappa\right]\cos(\varkappa u) + \left[-A_\varkappa S_\varkappa + A'_\varkappa C_\varkappa\right]\sin(\varkappa u)\right\}.$$

Nun wird $\cos(\varkappa\alpha) - \cos\alpha = 0$, dann und nur dann, wenn

$$\varkappa \equiv \pm 1 \pmod{n}$$

ist. Es bleiben in diesem Fall die Koeffizienten $A_\varkappa$, $A'_\varkappa$ resp. $a_\varkappa$, $a'_\varkappa$ keiner Bedingung unterworfen. Ist aber $\varkappa \not\equiv \pm 1\,(n)$, so müssen für beliebiges $\lambda$ und $\nu$ die Gleichungen

$$A_\varkappa C_\varkappa + A'_\varkappa S_\varkappa = 0,$$
$$-A_\varkappa S_\varkappa + A'_\varkappa C_\varkappa = 0$$

gleichzeitig erfüllt werden. Daraus folgt aber

$$A_\varkappa (S_\varkappa^2 + C_\varkappa^2) = 0,$$
$$A'_\varkappa (S_\varkappa^2 + C_\varkappa^2) = 0.$$

Es ist $(S_\varkappa^2 + C_\varkappa^2) = 0$, wenn $S_\varkappa$ und $C_\varkappa$ gleichzeitig null sind, und nach (16) tritt dies dann und nur dann ein, wenn

$$\varkappa(\lambda - \nu) \equiv 0 \pmod{n}$$

ist. Da $\lambda$ und $\nu$ beliebige ganze Zahlen bedeuten, so können die $A_\varkappa$, $A'_\varkappa$ resp. die $a_\varkappa$, $a'_\varkappa$ nur noch in dem Fall von null verschiedene Werte haben, wo

$$\varkappa \equiv 0 \pmod{n} \qquad \text{ist.}$$

Die Kurve $C$ ist also eine $P_n$-Kurve dann und nur dann, wenn alle Fourierkoeffizienten $a_\varkappa$ $a'_\varkappa$ verschwinden, sobald $\varkappa$ keine der Kongruenzen

$$\varkappa \equiv 0\,(n) \qquad \varkappa \equiv 1\,(n) \qquad \varkappa \equiv -1\,(n) \tag{17}$$

erfüllt.

Für $n = 4$ ergibt sich die Bedingung

$$a_{4\varkappa+2} = 0 \qquad a'_{4\varkappa+2} = 0 \qquad \varkappa = 0, 1, 2, \ldots$$

Beispiel einer solchen Kurve $P_4$, für die alle umschriebenen Rechtecke Quadrate sind, ist die durch

$$\varrho(u) = 1 - \cos(4u)$$

bestimmte, algebraische Kurve

$$x - \xi = \sin u + \frac{1}{6}\sin 3u + \frac{1}{10}\sin 5u$$
$$y - \eta = \cos u + \frac{1}{6}\cos 3u - \frac{1}{10}\cos 5u.$$

## VI.

Verlangt man von einer Kurve $P_n$, dass sie gleichzeitig auch $U_n$-Kurve sei, so sind alle ihr umschriebenen regulären $n$-Ecke vom selben Umfang, also kongruent. Nennen wir solche Kurven $R_n$-Kurven, so ergibt sich aus (13) und (17), dass für $R_n$-Kurven ausser $a_0$ nur diejenigen Koeffizienten $a_\varkappa$, $a'_\varkappa$ von null verschieden werden können, für welche

$$\varkappa \equiv \pm 1 \pmod{n} \qquad \text{wird.} \tag{18}$$

Die $R_n$-Kurven besitzen eine bemerkenswerte kinematische Eigenschaft:

**Sie lassen sich zwangläufig in einem starren regulären $n$-Eck so bewegen, dass sie während der Bewegung stets alle Seiten desselben berühren.** Infolge dessen schneiden sich die $n$-Normalen in den Berührungsstellen alle in einem Punkte (dem Momentanzentrum).

Solche Kurven sind in den einfachsten Fällen von Reulaux[1]) angegeben worden. Er behandelt spezielle, aus Kreisbogen zusammengesetzte Kurven $R_3$, $R_4$ und $R_6$. Hier ergeben sich alle Lösungen. Man kann unbegrenzt viele Beispiele algebraischer Kurven sofort angeben, indem man einfach die Reihe

$$\varrho(u) = \frac{a_0}{2} + \left(a_{n-1}\cos(n-1)u + a'_{n-1}\sin(n-1)u\right) + \left(a_{n+1}\cos(n+1)u + a'_{n+1}\cos(n+1)u\right) + \cdots$$

irgendwo abbricht, und die noch verfügbaren Konstanten $a_\varkappa$, $a'_\varkappa$ so wählt, dass $\varrho(u)$ nie negativ wird. Wir erwähnen etwa die ellipsenförmige Kurve $\varrho(u) = 1 - \cos 2u$

$$\left.\begin{aligned} x &= \xi + \frac{\sin u}{2} - \frac{\sin 3u}{6} \\ y &= \eta - \frac{3\cos u}{2} + \frac{\cos 3u}{6} \end{aligned}\right\} \tag{19}$$

auf die wir noch zurückgreifen werden. (Fig. 6.)

[1]) Reulaux: Theoretische Kinematik. Braunschweig 1875.

## VII.

Wir wollen jetzt für die Klasse der Kurven $R_3$ die Polbahnen der erwähnten Bewegung allgemein bestimmen.

Denken wir uns die Kurve $R_3$ fest, und um sie herum das starre gleichseitige Dreieck $\Delta$ so bewegt, dass es sie stets in drei Punkten von den Parametern

$$u, \qquad u+\alpha, \qquad u-\alpha \qquad \left(\alpha = \frac{2\pi}{3}\right)$$

berührt. Die Normalen in diesen Punkten, d. h. die Lote auf ihre Stützlinien, die Dreiecksseiten, müssen sich im Momentanzentrum $M(x, y)$ schneiden. Man erhält für $(x, y)$ somit die drei Gleichungen

$$\left.\begin{aligned} &x\cos u + y\sin u - p'(u) = 0\\ &x\cos(u-\alpha) + y\sin(u-\alpha) - p'(u-\alpha) = 0\\ &x\cos(u+\alpha) + y\sin(u+\alpha) - p'(u+\alpha) = 0 \end{aligned}\right\}$$

die verträglich sein müssen. In der Tat hat ihre Determinante den Wert

$$-\sin\alpha\left[p'(u) + p'(u-\alpha) + p'(u+\alpha)\right]$$

und die Klammer ist wegen

$$p(u) + p(u+\alpha) + p(u-\alpha) = \text{konstant}$$

stets gleich null.

Für $(x, y)$ ergibt sich daraus

$$\left.\begin{aligned} x\sin\alpha &= p'(u+\alpha)\sin(u-\alpha) - p'(u-\alpha)\sin(u+\alpha)\\ y\sin\alpha &= p'(u-\alpha)\cos(u+\alpha) - p'(u+\alpha)\cos(u-\alpha) \end{aligned}\right\}.$$

Setzt man hier die Entwicklungen (7[1]) ein, und beachtet die Bedingungen

$$a_{3\varkappa} = 0 \qquad a'_{3\varkappa} = 0 \qquad \varkappa = 1, 2, \ldots$$

so folgt

$$\left.\begin{aligned} x &= \xi - \sum_{\varkappa=2}^{\infty}{}' \frac{\varkappa}{\varkappa^2-1}\left[a'_\varkappa\cos(\varkappa+1)u - a_\varkappa\sin(\varkappa\mp1)u\right]\\ y &= \eta - \sum_{\varkappa=2}^{\infty}{}' \mp\frac{\varkappa}{\varkappa^2-1}\left[a'_\varkappa\sin(\varkappa\mp1)u + a_\varkappa\cos(\varkappa\mp1)u\right] \end{aligned}\right\}. \tag{20}$$

Hierbei gilt das obere oder untere Vorzeichen, je nachdem $\varkappa$ nach 3 den Rest $+1$ oder $-1$ lässt, und der am Summenzeichen angebrachte Akzent deutet an, dass nur über die durch 3 nicht teilbaren Indizes $\varkappa$ zu summieren ist. Man entnimmt aus den Formeln (20) sofort

$$x(u) = x(u-\alpha) = x(u+\alpha),$$
$$y(u) = y(u-\alpha) = y(u+\alpha)$$

und schliesst daraus, dass nach einer vollen Umdrehung des Dreiecks $\Delta$ um die Kurve jeder Punkt der Polbahn (20) dreimal Momentanzentrum geworden ist.

Die Gleichungen (20) liefern die Polbahn $P_1$, auch dann, wenn $n$ irgend eine positive ganze Zahl bedeutet.

Wir wollen im folgenden nun das Dreieck $\Delta$ festhalten, und die Kurve $R_3$ sich in ihm bewegen lassen.

Alsdann ist $P_1$ die bewegliche Polbahn, und es bleibt die feste Polbahn $P_2$ noch zu bestimmen übrig. Wir wählen ein mit $\Delta$ fest verbundenes Koordinatensystem $(x^*, y^*)$, dessen Anfangspunkt im Mittelpunkt von $\Delta$ liegt, und dessen $x^*$-Axe einer Seite von $\Delta$ parallel geht (Fig. 5). Das Momentanzentrum $M$ habe bezüglich dieses Systems die Koordinaten $(x^*, y^*)$. Sind $q_1, q_2, q_3$ seine Abstände von den drei Dreiecksseiten, so wird

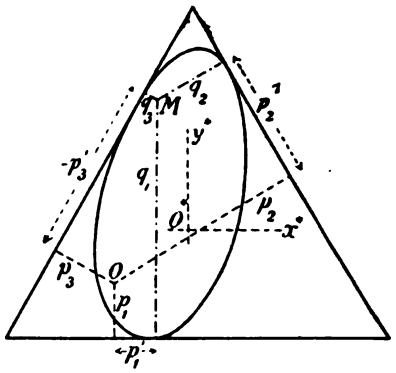


Fig. 5.

$$\left.\begin{aligned} q_1\sqrt{3} &= \sqrt{3}\,p(u) + p'(u+\alpha) - p'(u-\alpha) \\ q_2\sqrt{3} &= \sqrt{3}\,p(u+\alpha) + p'(u-\alpha) - p'(u) \\ q_3\sqrt{3} &= \sqrt{3}\,p(u-\alpha) + p'(u) - p'(u+\alpha) \end{aligned}\right\}$$

und es folgt

$$x^* = \frac{1}{\sqrt{3}}\left[p(u+\alpha) - p(u)\right] + p'(u-\alpha)$$

$$y^* = \left(p(u-\alpha) - \frac{h}{3}\right) - \frac{1}{\sqrt{3}}\left[p'(u+\alpha) - p'(u)\right]$$

$h$ ist die Dreieckhöhe.

Bei Einführung der Reihen (7) ($7^1$) ergibt sich endlich:

$$(21)\qquad \left\{\begin{aligned} x^* &= \sum_{\varkappa=2}^{\infty}{}' (B_\varkappa \cos \varkappa u + B'_\varkappa \sin \varkappa u), \\ y^* &= \sum_{\varkappa=2}^{\infty}{}' \pm (B'_\varkappa \cos \varkappa u - B_\varkappa \sin \varkappa u), \end{aligned}\right.$$

wobei

$$(22)\qquad \left\{\begin{aligned} B_\varkappa &= \left(\mp \frac{\sqrt{3}}{2} a_\varkappa + \frac{a'_\varkappa}{2}\right) \frac{1}{\varkappa \pm 1}, \\ B'_\varkappa &= \left(-\frac{a'_\varkappa}{2} \mp \frac{a_\varkappa \sqrt{3}}{2}\right) \frac{1}{\varkappa \pm 1} \end{aligned}\right.$$

gesetzt ist, und wobei Doppelvorzeichen und Akzent im frühern Sinne zu deuten sind.

Die Gleichungen (21) liefern die feste **Polbahn** $P_2$. Ein voller Umschwung der Kurve $R_3$ in $\Delta$ kann nun so erzeugt werden, dass man die Polbahn $P_1$ dreimal in ihrer ganzen Länge auf $P_2$ abrollen lässt.

Besonders einfach werden die Verhältnisse bei den algebraischen Kurven, für welche

$$\varrho(u) = \frac{a_0}{2} + a_m \cos(m u) + a'_m \sin(m u)$$

ist, wo $m$ irgend eine ganze, durch 3 unteilbare Zahl bedeutet. Nach (20) ergibt sich nämlich für $P_1$:

$$\left.\begin{aligned} x &= \xi - \frac{m}{m^2-1}\left(a'_m \cos(m \mp 1)u - a_m \sin(m+1)u\right) \\ y &= \eta \pm \frac{m}{m^2-1}\left(a'_m \sin(m \mp 1)u + a_m \cos(m \mp 1)u\right) \end{aligned}\right\}$$

also

$$(x-\xi)^2 + (y-\eta)^2 = \frac{m^2}{(m^2-1)^2}(a_m^2 + a_m'^2) = r_1^2.$$

$P_1$ ist ein Kreis um den Krümmungsschwerpunkt $\Sigma$ von $R$, und mit dem Radius

$$r_1 = \frac{m}{m^2-1}\sqrt{a_m^2 + a_m'^2}.$$

Für die feste Polbahn $P_2$ folgt noch (21)

$$\begin{aligned} x^* &= B_m \cos(m u) + B'_m \sin(m u) \\ y^* &= \pm B'_m \cos(m u) \mp B_m \sin(m u), \end{aligned}$$

und die Elimination von $u$ liefert

$$x^{*2} + y^{*2} = B_m^2 + B_m'^2 = \frac{a_m^2 + a_m'^2}{(m \pm 1)^2} = r_2^2.$$

Auch $P_2$ ist also ein Kreis. Sein Zentrum liegt im Mittelpunkt von $\Delta$, sein Radius $r_2$ ist

$$r_2 = \frac{1}{m \pm 1}\sqrt{a_m^2 + a_m'^2}.$$

Für das Verhältnis der Radien beider Kreise bekommt man

$$\frac{r_1}{r_2} = \frac{m}{m \pm 1}.$$

Der bewegliche Polkreis umschliesst den festen, oder rollt auf dessen Innenseite je nachdem $m$ nach 3 den Rest $+1$ oder $-1$ lässt. Je grösser $m$ ist, um so mehr nähert sich die Bewegung einer Rotation, die zugehörige Kurve der Kreisform.

Das Beispiel (19) ist eine Kurve der betrachteten Art. Der Polkreis $P_1$ hat den Radius

$$r_1 = \frac{2}{3}$$

und den Mittelpunkt der Kurve zum Zentrum. Der Radius $r_2$ des festen Polkreises ist 1. Die Länge $L$ der Kurve ist

$$L = a_0 \pi = 2\pi$$

und der Dreiecksumfang nach (13′) gleich $6\sqrt{3}$. Der feste Polkreis $P_2$ ist also der dem Dreieck $\triangle$ eingeschriebene Kreis. (Fig. 6.)

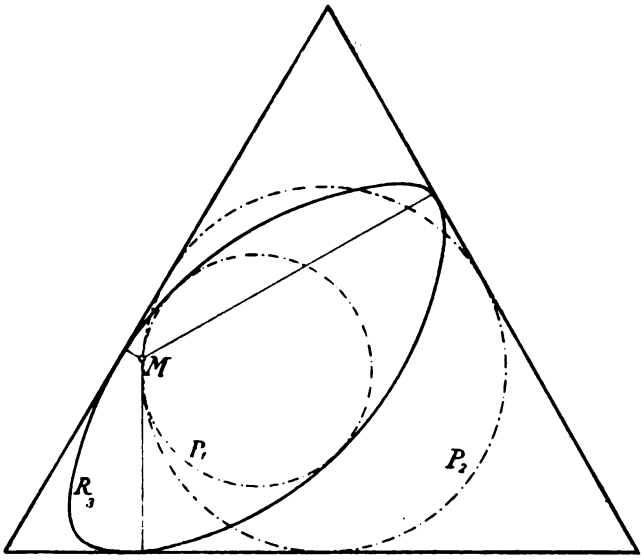



Fig. 6.

## VIII.

Wir denken uns wieder wie im IV. Abschnitt einer Kurve $C$ das gleichwinklige $n$-Eck umschrieben, und berechnen die Koordinaten $(x, y)$ seines Schwerpunktes $S$.

Nach Gleichung (11) hat die $\lambda$-te Ecke des Polygons die Koordinaten $x_\lambda$, $y_\lambda$, wobei

$$x_\lambda \sin\alpha = p_{\lambda+1}\cos(u + (\lambda - 2)\alpha) - p_\lambda \cos(u + \lambda\alpha),$$
$$y_\lambda \sin\alpha = p_{\lambda+1}\sin(u + (\lambda - 2)\alpha) - p_\lambda \sin(u + \lambda\alpha),$$

und es ergibt sich daraus

$$(23)\quad \begin{cases} \xi = \dfrac{x_1 + x_2 + \cdots + x_n}{n} = \dfrac{2}{n}\displaystyle\sum_{\nu=0}^{n-1} p(u + \nu\alpha)\sin(u + \nu\alpha), \\ \eta = \dfrac{y_1 + y_2 + \cdots + y_n}{n} = -\dfrac{2}{n}\displaystyle\sum_{\nu=0}^{n-1} p(u + \nu\alpha)\cos(u + \nu\alpha) \end{cases}$$

Trägt man die Entwicklungen (7) hier ein, so kommt

$$\left.\begin{aligned} \mathfrak{x} &= \xi - \sum' \left[\mp A'_\varkappa \cos(\varkappa \mp 1)\, u \pm A_\varkappa \sin(\varkappa \mp 1)\, u\right] \\ \mathfrak{y} &= \eta - \sum' \left[A_\varkappa \cos(\varkappa \mp 1)\, u + A'_\varkappa \sin(\varkappa \mp 1)\, u\right] \end{aligned}\right\} \qquad (23')$$

Wiederum gilt das obere oder untere Zeichen, je nachdem $\varkappa \equiv +1$ oder $\varkappa \equiv -1 \pmod n$ und es ist nur über Indizes $\varkappa$ zu summieren, die einer dieser Kongruenzen genügen.

Die Kurven $S_n$, für welche alle Schwerpunkte aller umschriebenen gleichwinkligen $n$-Ecke zusammenfallen, erfüllen also die Bedingungen

$$a_\varkappa = 0 \quad a'_\varkappa = 0, \quad \text{sobald } \varkappa \equiv \pm \pmod n. \qquad (24)$$

Der gemeinsame Schwerpunkt ist der Krümmungsschwerpunkt $\Sigma(\xi, \eta)$ der Kurve.

Eine Kurve $S_n$, die gleichzeitig Kurve $R_n$ ist, ist in Übereinstimmung mit den Bedingungen (24) und (18) ein Kreis. Sie entsteht durch Rotation eines regulären $n$-Ecks um seinen Mittelpunkt.

Die Kurven $T_n$, für welche nur die Koeffizienten $(a_\varkappa, a'_\varkappa)$ von null verschieden sind, deren Index durch $n$ teilbar ist, werden von konzentrischen regulären $n$-Ecken eingehüllt; denn sie sind gleichzeitig $S_n$- und $P_n$-Kurven. Macht man ihren Krümmungsschwerpunkt zum Anfangspunkt 0, so hat die Stützgeradenfunktion die Form

$$p(u) = \frac{a_0}{2} + \sum_{\lambda=1}^{\infty} \left[A_{\lambda n} \cos(\lambda n u) + A'_{\lambda n} \sin(\lambda n u)\right].$$

Man entnimmt daraus

$$p(u + \alpha) = p(u).$$

Die $T_n$-Kurven setzen sich also aus $n$ kongruenten Kurvenbogen zusammen.

## IX.

Sei $C$ wieder die allgemeine in Abschnitt betrachtete Kurve. Man lege um $C$ einen geschlossenen, undehnbaren Faden von der Länge $\Lambda > L$, und spanne ihn von einem Punkte $A$ aus an, so dass er längs $B_1\, D\, B_2$ (Fig. 7) an der Kurve $C$ anliegt, und die Stücke $A\,B_1 = \tau_1$ $A\,B_2 = \tau_2$ in zwei Tangenten $t_1$ $t_2$ der Kurve zu liegen kommen. Bei gegebenem $\Lambda$ ist der Ort aller Punkte $A$ eine $C$ umschliessende Kurve, die mit $Z(\Lambda)$ bezeichnet werden soll.

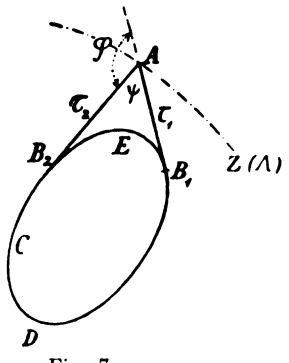


Fig. 7.

**Man soll die Kurve $C$ nun so bestimmen, dass es unter den Kurven $Z(A)$ solche gibt, von denen aus $C$ unter konstantem Winkel $\psi$ gesehen wird.**

Sei $\varphi = \pi - \psi$, $u$ der Winkel der Tangente $t_1$ mit der $x$-Axe, dann bildet die Tangente $t_2$ mit der $x$-Axe den Winkel $u + \varphi$, und nach (8) ist

$$(8') \qquad \begin{cases} \tau_1 \sin\varphi = p(u+\varphi) - p(u)\cos\varphi - p'(u)\sin\varphi \\ \tau_2 \sin\varphi = p(u) - p(u+\varphi)\cos\varphi + p'(u+\varphi)\sin\varphi \end{cases}$$

Der Kurvenbogen $b(u) = B_1 E B_2$ ist nach (10) gleich

$$b(u) = \int_u^{u+\varphi} p(u)\,du + p'(u+\varphi) - p'(u),$$

somit ergibt sich, wenn $L$ wie früher die Länge von $C$ bedeutet:

$$(25) \qquad A = L - b(u) + \tau_1 + \tau_2$$

oder nach (8')

$$(25') \qquad A = L - \int_u^{u+\varphi} p(u)\,du + tg\,\frac{\varphi}{2}\left[p(u+\varphi) + p(u)\right]$$

Unsere Aufgabe verlangt, dass $A$ und $\varphi$ konstant, d. i. von $u$ unabhängig seien. Man erhält für die unbekannte Funktion

$$\int_u^u p(u)\,du = P(u)$$

des Problems:

$$(26) \qquad -P(u+\varphi) + P(u) + tg\,\frac{\varphi}{2}\cdot\left(P'(u+\varphi) + P'(u)\right) = \text{konstant},$$

also eine **Differentialfunktionalgleichung.**

Aus $(3_1)$ ergibt sich für die Bogenlänge von $C$:

$$s(u) = \int_u^u \varrho(u)\,du = \text{konstant} + \frac{a_0 u}{2} + \sum_2^\infty \left(\frac{a_\varkappa}{\varkappa}\sin\varkappa u - \frac{a'_\varkappa}{\varkappa}\cos\varkappa u\right)$$

und für $b(u)$ die Fourier-Reihe

$$(27) \qquad \begin{aligned} b(u) = {} & \frac{a_0\varphi}{2} + \sum_{\varkappa=2}^{\infty}{}' \frac{\cos\varkappa u}{\varkappa}\left[a_\varkappa \sin\varkappa\varphi + a'_\varkappa(1-\cos\varkappa\varphi)\right] \\ & + \frac{\sin\varkappa u}{\varkappa}\left[-a_\varkappa(1-\cos\varkappa\varphi) + a'_\varkappa\sin\varkappa\varphi\right]. \end{aligned}$$

Entwickelt man auch die letzten Glieder von (25) in Reihen, so folgt schliesslich die Formel:

$$(28) \qquad A = \frac{a_0}{2}\left(2\pi - \varphi + 2\,tg\,\frac{\varphi}{2}\right) - \sum_{\varkappa=2}^{\infty}{}'(D_\varkappa\cos\varkappa u + D'_\varkappa\sin\varkappa u).$$

Hierin ist gesetzt:

$$\left.\begin{aligned} D_\varkappa &= \frac{a_\varkappa}{\varkappa(\varkappa^2-1)}\, d_\varkappa + \frac{a'_\varkappa}{\varkappa(\varkappa^2-1)}\, d'_\varkappa \\ D^\varkappa &= \frac{-a_\varkappa}{\varkappa(\varkappa^2-1)}\, d'_\varkappa + \frac{a'_\varkappa}{\varkappa(\varkappa^2-1)}\, d_\varkappa \end{aligned}\right\} \qquad (28')$$

und

$$\left.\begin{aligned} d_\varkappa &= \varkappa(1+\cos\varkappa\varphi)\, tg\,\frac{\varphi}{2} - \sin\varkappa\varphi \\ d'_\varkappa &= \varkappa\sin\varkappa\varphi\cdot tg\,\frac{\varphi}{2} - (1-\cos\varkappa\varphi) \end{aligned}\right\}. \qquad (28'')$$

Als Bedingungen für $A =$ Konstante hat man also

$$D_\varkappa = 0 \qquad D'_\varkappa = 0.$$

Die Koeffizienten $a_\varkappa$, $a'_\varkappa$ können somit nur dann von null verschieden sein, wenn die Determinante dieser Gleichungen null ist, d. h. wenn für den betreffenden Index $\varkappa$

$$d_\varkappa^2 + d_\varkappa'^2 = 0 \qquad \text{erfüllt ist.}$$

Dies ist der Fall, wenn $\varkappa$ und $\varphi$ die Relationen befriedigen

$$\left.\begin{aligned} \varkappa(1+\cos\varkappa\varphi)\, tg\,\frac{\varphi}{2} &= \sin\varkappa\varphi \\ \varkappa\sin\varkappa\varphi\cdot tg\,\frac{\varphi}{2} &= 1-\cos\varkappa\varphi \end{aligned}\right\} \qquad (0<\varphi<\pi).$$

Beachtet man, dass dann $(1+\cos\varkappa\varphi)$ und $\sin\lambda\varphi$ nicht null sind, so können nach Einführung von

$$x = \frac{\varphi}{2}$$

diese zwei Gleichungen ersetzt werden durch die eine:

$$\frac{1}{\varkappa}\, tg\,(\varkappa x) = tg\, x \qquad \left(0<x<\frac{\pi}{2}\right). \qquad (29)$$

Es frägt sich, ob bei gegebenem $x$ positiv ganzzahlige Lösungen $\varkappa \geqq 2$ dieser Gleichung existieren, und ob es eventuell deren unendlich viele gibt.

Sind $\varkappa_1, \varkappa_2 \ldots \varkappa_j \ldots$ die Lösungen, so bleiben für die gesuchte Kurve $C$ die Koeffizienten

$$a_{\varkappa j},\ a'_{\varkappa j} \qquad j = 1, 2, \ldots$$

völlig willkürlich, während die übrigen alle gleich null sind (Ausnahme ist $a_0$). Ist für den gegebenen Wert von $x$ keine Lösung vorhanden, so ist der Kreis die einzige Kurve $C$, die der vorgeschriebenen Bedingung genügt.

Die Beantwortung der gestellten Frage wird sehr schwierig sein. Wir begnügen uns damit, zu zeigen, dass eine im Intervall $0 < x < \frac{\pi}{2}$ überall dicht liegende Menge von Werten $x$ existiert, für welche je-

weilen die Gleichung (29) wenigstens eine ganzzahlige Lösung $\varkappa \geqq 2$ besitzt.

Wir denken uns ein beliebiges ganzzahliges $\varkappa$ gegeben, und betrachten (29) als Gleichung für das zugehörige $x$. Zeichnet man sich in einem rechtwinkligen Koordinatensystem die Kurven $y_1 = tg\, x$ und $y_2 = \frac{1}{\varkappa}\, tg\, \varkappa x$ auf, so ergibt eine Diskussion ihrer Bilder folgendes Resultat:

Die Gleichung (29) hat im Intervall $0 < x < \frac{\pi}{2}$ stets $\nu = \left[\frac{\varkappa - 2}{2}\right]$ verschiedene Lösungen

$$x_1(\varkappa) \qquad x_2(\varkappa) \qquad\qquad x_\nu(\varkappa).$$

$\left[\frac{\varkappa - 2}{2}\right]$ bedeutet dabei die grösste in $\frac{\varkappa - 2}{2}$ steckende ganze Zahl.

Die $\nu$-Lösungen liegen separiert in den $\nu$-Intervallen, die man erhält, wenn man die Strecke $\left(0 \ldots \frac{\pi}{2}\right)$ in $\varkappa$-gleiche Teile teilt, und dann die geraden Teilstücke und die einen der Punkte 0, $\frac{\pi}{2}$ enthaltenden ungeraden unterdrückt.

Die frühere Behauptung folgt jetzt aus dem Umstande, dass die $\nu$-Intervalle für genügend grosses $\varkappa$ beliebig klein werden.

Sei jetzt $C_n$ die Kurve, die aus $C$ entsteht, wenn alle Koeffizienten $a_\varkappa$, $a'_\varkappa$ gleich null gesetzt werden mit Ausnahme von $a_0$, $a_n$, $a'_n$. Für $C_n$ ist dann

$$\varrho(u) = \frac{a_0}{2} + a_n \cos(n\,u) + a'_n \sin(n\,u)$$

$$p(u) = \frac{a_0}{2} - \eta \cos u + \xi \sin u - \frac{a_n}{n^2 - 1} \cos n\,u - \frac{a'_n}{n^2 - 1} \sin n\,u$$

und die Gleichungen (5) liefern die Parameterdarstellung der Kurve.

Die obenstehenden Resultate geben für $C_n$-Kurven folgenden Satz:

Unter den zu $C_n$ gehörigen Kurven $Z(A)$ gibt es im ganzen $\nu = \left[\frac{n-2}{2}\right]$ verschiedene, von denen aus jeweilen $C_n$ unter festem Winkel gesehen wird. Die konstanten Sehwinkel haben der Reihe nach die Werte:

$$\psi_1 = \pi - 2\,x_1(n); \quad \psi_2 = \pi - 2\,x_2(n); \qquad \psi_\nu = \pi - 2\,x_\nu(n)$$

und die zugehörigen Fadenlängen $A$ sind:

$$A_1 = L\left(\frac{\pi - x_1(n)}{\pi} + \frac{tg\,(x_1(n))}{\pi}\right); \qquad A = L\left(\frac{\pi - x_\nu(n)}{\pi} + \frac{tg\, x_\nu(n)}{\pi}\right)$$

Beispiel:

Der kleinste Wert von $\varkappa$, für den $\nu > 0$ wird, ist $\varkappa = 4$. Es wird $\nu = 1$, und

$$x(4) = \pi \cdot 0{,}3647 \qquad A = 1{,}347 \cdot L.$$
$$= 65^\circ\, 54'\, 18''$$

Macht man durch passende Wahl der Axen $a_4' = 0$, $\xi = \eta = 0$, und setzt etwa $2\,a_4 = a_0$, so wird für $C_4$:

$$\varrho(u) = \frac{a_0}{2}\left(1 + \cos(4u)\right) \qquad p(u) = \frac{a_0}{2}\left(1 - \frac{\cos 4u}{15}\right).$$

Die Kurve $C_4$ (Fig. 8) hat die Parametergleichungen:

$$\left.\begin{aligned} x &= \frac{a_0}{2}\left(\sin u + \frac{\sin 3u}{6} + \frac{\sin 5u}{10}\right) \\ y &= \frac{a_0}{2}\left(-\cos u + \frac{\cos 3u}{6} - \frac{\cos 5u}{10}\right) \end{aligned}\right\}$$

und ist gleichzeitig auch Kurve $P_4$, $R_3$ und $R_5$, $T_4$ und $S_\nu$ ($\nu \equiv 3{,}5$).

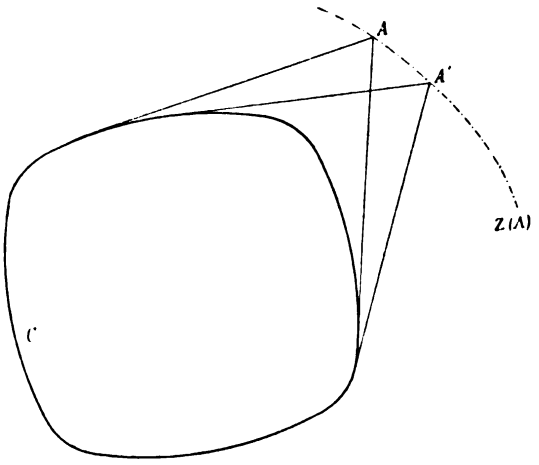



Fig. 8.

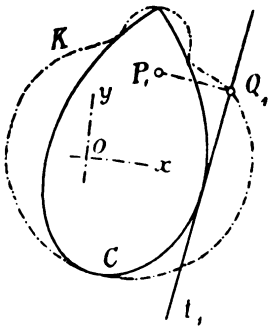



Fig. 9.

## X.

Es sollen jetzt noch einige Sätze über den Krümmungsschwerpunkt $\Sigma(\xi, \eta)$ konvexer Kurven abgeleitet werden.

Sei wieder $C$ die Kurve des I. Abschnittes, $P_1(x_1\ y_1)$ ein beliebiger Punkt ihrer Ebene. Wir fällen von $P_1$ aus auf alle Stützlinien von $C$ die Lote. Die Fusspunkte $Q_1$ derselben liegen auf der geschlossenen Fusspunktskurve $K(P_1)$, (Fig. 9), die $C$ einfach umschliesst, wenn

$P_1$ im Innern von $C$ liegt, wenn $P_1$ ausserhalb $C$ liegt, in $P_1$ aber einen Doppelpunkt besitzt. Man hat dann

$$P_1 Q_1 = p_1(u) = p(u) - x_1 \sin u + y_1 \cos u$$

und wegen (7)

$$p_1(u) = \frac{a_0}{2} - (x_1 - \xi)\sin u + \\ + (y_1 - \eta)\cos u - \sum_2^\infty \frac{1}{\varkappa^2 - 1}(a_\varkappa \cos \varkappa u + a'_\varkappa \sin \varkappa u).$$

Für die vom Lote $P_1 Q_1$ beim Umlauf der Stützlinie beschriebene Fläche, den „Inhalt" $F$ der Fusspunktskurve $K(P_1)$ ergibt sich

$$F = \int_0^{2\pi} p_1^2(u)\, du = \frac{\pi}{2}\left\{\frac{a_0^2}{2} + \sum_2^\infty \frac{a_\varkappa^2 + a_\varkappa'^2}{\varkappa^2 - 1}\right\} + \frac{\pi}{2}\left[(x_1 - \xi)^2 + (y_1 - \eta)^2\right].$$

Ist $F_0$ der Inhalt der Fusspunktskurve $K(\Sigma)$ des Krümmungsschwerpunkts $\Sigma$, $\delta$ der Abstand des Punktes $P_1$ von $\Sigma$, so folgt hieraus

$$F = F_0 + \frac{\delta^2 \pi}{2}$$

oder der Satz:

Der Krümmungsschwerpunkt $\Sigma$ ist derjenige Punkt der Ebene der Kurve $C$, für welchen der Inhalt $F$ der Fusspunktkurve minimal wird. $F$ ist konstant auf Kreisen mit dem Mittelpunkt $\Sigma$ und um den halben Inhalt derselben grösser als der Minimalwert.

Dieser Satz rührt von Jakob Steiner[1]) her, der dem Punkt $\Sigma$ eine ausführliche Abhandlung gewidmet hat, und von dem auch der Name „Krümmungsschwerpunkt" herrührt. Sofern nämlich für $C$ der Krümmungsradius $\varrho(u)$ nie null wird, kann man $\Sigma$ auffassen als gewöhnlichen Schwerpunkt der Kurve $C$, wenn sie in jedem Punkt mit einer Masse belegt wird, die der Krümmung $\left(\frac{1}{\varrho}\right)$ in diesem Punkte proportional ist. In der Tat, nach (6) ist dann

$$\xi = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} x\, du = \frac{\int_C \left(\frac{1}{\varrho}\right) \cdot x\, ds}{\int_C \left(\frac{1}{\varrho}\right) ds} \quad \text{und} \quad \eta = \frac{\int_C \left(\frac{1}{\varrho}\right) y\, ds}{\int_C \left(\frac{1}{\varrho}\right) ds}.$$

[1]) J. Steiner. Von dem Krümmungsschwerpunkte ebener Figuren. Werke Bd. II. Pag. 97.

Treten Ecken an der Kurve auf, so ist diese Art der Massenbelegungen etwas zu modifizieren.

Es sei $S(x^*, y^*)$ der gewöhnliche Schwerpunkt der Kurve $C$. Dann ist

$$x^* = \frac{1}{L} \cdot \int_C x\, ds = \frac{1}{L} \int_0^{2\pi} x \cdot \varrho(u)\, du = \frac{1}{a_0 \pi} \int_0^{2\pi} x(u)\, \varrho(u)\, du$$

$$y^* = \frac{1}{L} \cdot \int_C y\, ds = \frac{1}{L} \int_0^{2\pi} y \cdot \varrho(u)\, du = \frac{1}{a_0 \pi} \int_0^{2\pi} y(u)\, \varrho(u)\, du.$$

Setzt man für $x(u)$, $y(u)$ und $\varrho(u)$ die Fourierreihen (5) und (2) ein, so folgt

$$\left.\begin{aligned} x^* &= \xi + \frac{1}{2 a_0} \sum_{\varkappa=2}^{\infty} \frac{a_\varkappa' a_{\varkappa+1} - a_\varkappa a_{\varkappa+1}'}{\varkappa(\varkappa+1)} \\ y^* &= \eta + \frac{1}{2 a_0} \sum_{\varkappa=2}^{\infty} \frac{a_\varkappa a_{\varkappa+1} + a_\varkappa' a_{\varkappa+1}'}{\varkappa(\varkappa+1)} \end{aligned}\right|.$$

Die rechter Hand auftretenden Summen werden null für die Kurven $U_2$, $S_3$, $S_4$, $T_n$ und für die Kurven $R_n$, wenn $n > 3$ ist.

**Für alle diese Kurven, insbesondere für Kurven konstanter Breite ($U_2$) und Kurven mit Mittelpunkt ($T_2$) fällt also der Krümmungsschwerpunkt $\Sigma$ mit dem gewöhnlichen Schwerpunkt $S$ zusammen.**

Zu einem bemerkenswerten Satze gelangt man, wenn man gleichzeitig mit $C$ eine zweite Kurve $C^*$ mit der Stützgeradenfunktion $p^*(u)$ und von gleicher Länge ins Auge fasst. Legt man $C$ und $C^*$ so, dass die zwei Krümmungsschwerpunkte $\Sigma$ und $\Sigma^*$ zusammenfallen, so ergibt sich nach (7) für $p(u) - p^*(u)$ eine Fourier-Entwicklung, in der das konstante Glied und die Glieder mit $\cos u$ und $\sin u$ verschwinden. Nach einem schon früher erwähnten[1]) Hurwitzschen Satze schliesst man, dass die stetige Funktion $p(u) - p^*(u)$ im Intervall $0 \leq u < 2\pi$ wenigstens vier Strecken konstanten Vorzeichens besitzt. Einer Nullstelle von $p(u) - p^*(u)$ korrespondiert eine gemeinsame Stützlinie von $C$ und $C^*$. Gemeinsamen Stützlinien in gemeinsamen Ecken von $C$ und $C^*$ entsprechen Nullstellen von $p(u) - p^*(u)$, die als in derselben Strecke konstanten Zeichens liegend, angesehen werden können. Somit folgt die Existenz von wenigstens vier $C$ und $C^*$ gemeinsamen Stützgeraden der Art, dass keine zwei von ihnen Stützlinien derselben Ecke sind. Man darf hieraus auf die Existenz von wenigstens vier Schnittpunkten der Kurven $C$ und $C^*$ schliessen, und hat somit den Satz:

[1]) Zitat [2]) Seite 313.

**Haben zwei konvexe Kurven gleicher Länge die Krümmungsschwerpunkte gemein, so schneiden sie sich in wenigstens vier Punkten.**[1])

Als spezieller Fall folgt der Satz:

**Dreht man eine Kurve um ihren Krümmungsschwerpunkt $\Sigma$, so haben je zwei verschiedene Lagen stets wenigstens vier Punkte gemein.**

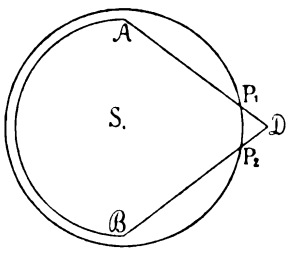
Betrachtet man zwei infinitesimal benachbarte Lagen, so erhält man weiters den Satz:

**Vom Krümmungsschwerpunkt $\Sigma$ aus gehen stets wenigstens vier Normalen an die Kurve.**[2])

Zu weitern Theoremen führt die Untersuchung der Funktion $p'(u) - p'^*(u)$. Ist sie im Intervall $u_1 \leq u < u_2$ identisch null, so sind die zugehörigen Bogen von $C$ und $C^*$ Parallelkurven. Ist $u_0$ eine Nullstelle von $p'(u) - p^{*'}(u)$, so steht die Gerade $P(u_0)\, P^*(u_0)$ in $P(u_0)$ normal zur Stützgeraden $t(u_0)$ und in $P^*(u_0)$ normal zu $t^*(u_0)$. Wir nennen eine solche Gerade eine **gemeinsame Normale** von $C$ und $C^*$, und zwar eine „**gleichsinnige**", weil beim Durchlaufen derselben die Kurven $C$ und $C^*$ entweder beide beim Eintreten ins Kurveninnere oder beide beim Verlassen derselben normal durchsetzt werden. (Fig. 10.) — Auch einer Nullstelle der Funktion $p'(u + \pi) + p^{*'}(u)$ entspricht eine gemeinsame Normale von $C$ und $C^*$, aber eine **ungleichsinnige**, d. h. eine solche, die normal in die eine Kurve eintritt, und aus der andern normal austritt. (Fig. 11.) Eine gemeinsame Normale kann nur dann gleichzeitig gleichsinnig und ungleichsinnig sein, wenn sie für beide Kurven Binormale ist.

---

[1]) Der analoge Satz für den gewöhnlichen Schwerpunkt $S$ gilt nicht, wie folgendes Beispiel zeigt:




Die Kurve $C$ bestehe aus einem Halbkreis vom Radius $r$ und Zentrum $S$ und zwei gleichen Strecken $A\,D$, $B\,D$ von der Länge $a$. Man wähle $a$ so, dass der Schwerpunkt von $C$ nach $S$ fällt

$$\left(a = \frac{r}{2}\sqrt{2 + 2\sqrt{17}}\right).$$

Ist $\varrho$ der Radius des Kreises $C^*$ derselben Länge wie $C$, und vom Mittelpunkt $S$, so ergibt sich

$$\frac{\varrho}{r} = \frac{1}{2} + \frac{\sqrt{2 + 2\sqrt{17}}}{2\pi} = 1{,}0093 > 1.$$

$C^*$ schneidet $C$ also nur in zwei Punkten $P_1$ $P_2$ auf $A\,D$ resp. $B\,D$. Will man geradlinige Ränder bei $C$ vermeiden, so ersetze man $A\,D$ und $B\,D$ durch genügend flache Kreisbogen, und runde die Ecken genügend fein etwa durch kleine Kreise ab.

[2]) Normale von $C$ ist dabei jede Gerade, die in einem Punkte von $C$ senkrecht auf einer Stützlinie in jenem Punkte steht.

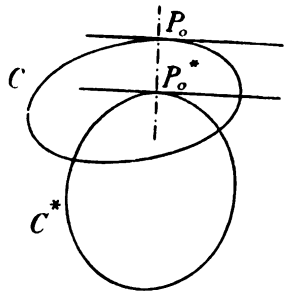



Fig. 10.

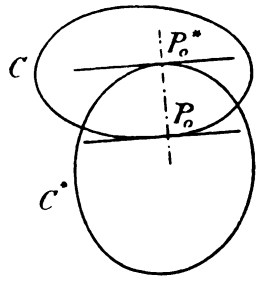



Fig. 11.

Man hat nun nach (7′) die Entwicklungen

$$(30)\quad \begin{cases} p'(u) - p^{*\prime}(u) = (\xi - \xi^*)\cos u + (\eta - \eta^*)\sin u + \cdots \\ p'(u+\pi) + p^{*\prime}(u) = -(\xi - \xi^*)\cos u - (\eta - \eta^*)\sin u + \cdots \end{cases}$$

und entnimmt daraus, dass beide Funktionen wenigstens zweimal null werden im Intervall $0 \leq u < 2\pi$. Dies ergibt den Satz:

Zwei beliebige Kurven $C$, $C^*$ haben stets wenigstens zwei gleichsinnige und wenigstens zwei ungleichsinnige gemeinsame Normalen.

Vereinigt man nun die Krümmungsschwerpunkte $\Sigma$, $\Sigma^*$ der beiden Kurven, so verschwinden in (30) auch die Glieder mit $\cos u$, $\sin u$, und die beiden Funktionen werden jede in $(0 \leqq u < 2\pi)$ wenigstens viermal null. Dies lässt sich in den Satz fassen:

Zwei Kurven $C$, $C^*$ mit gemeinsamen Krümmungsschwerpunkten $\Sigma$, $\Sigma^*$ besitzen wenigstens vier gleichsinnige und wenigstens vier ungleichsinnige gemeinsame Normalen.

Zürich, 14. Juni 1909.

# Geologische Nachlese.

Von

Albert Heim.

---

## Nr. 21.

## Einige Gedanken über Schichtung.

Ich verdanke die Anregung zu den nachfolgenden Gedanken über Schichtung einer Publikation von Prof. Philippi über das Problem der Schichtung. Wir sagen, die Schichtung der Sedimente beruhe auf Unterbruch in der Ablagerung, wenn die aufeinander liegenden Schichten petrographisch gleichartig sind, dagegen beruhe sie auf Wechsel in den Ablagerungsbedingungen, wenn die übereinander folgenden Schichten von petrographisch verschiedener Beschaffenheit sind. Mit Recht weist Philippi auf die Unvollkommenheit dieser an sich richtigen Darstellung hin. Sie nennt blos die Tatsachen, sie enthält keine Andeutung darüber, was die Ursache solcher Unterbrüche oder Wechsel sein könnten. Wenn nun Philippi im weiteren mit viel Mühe und Arbeit durch zusammentragen einer Menge von Beobachtungen aus dem Gebiete der Meere der Südhalbkugel einen einzelnen Fall von Schichtwechsel zwischen kalkreicheren und kalkärmeren Sedimenten darauf zurückführen kann, dass die Temperatur der Meere in Zusammenhang mit dem Schwinden der Eiszeit sich geändert habe, so befriedigt mich diese Lösung wiederum gar nicht für die allgemeine Frage. Wenn wir eine Eiszeit brauchen, um einen einmaligen Schichtwechsel in einem bestimmten einzelnen Fall zu erklären, so erklären wir damit nicht die Fälle, wo ein Schichtenkomplex von 500 m Mächtigkeit durch 1000 bis 2000 Schichtfugen in ebensoviele Schichten getrennt ist, oder wo Kalkstein und Mergel oder Kalkstein und Hornstein viele hunderte mal Schicht um Schicht abwechselnd übereinander liegen. Wir müssen noch nach einer anderen Erklärung von viel allgemeinerer Anwendbarkeit suchen.

Gedenken wir zuerst einer Anzahl von Beispielen, wo die Schichten sehr dünn und die Ursachen der Schichtung auf der Hand liegend sind:

In manchen Salzlagern wechseln viele hunderte mal übereinander in dünnen Lagen Anhydrit und Steinsalz oder Polyhalit und Steinsalz, oder Thon, Gyps und Steinsalz miteinander ab, wobei die Mächtigkeit der Schichtchen einige Millimeter bis einige Centimeter beträgt. Längst hat man diese Erscheinung durch die Verhältnisse am Eltonsee erklärt, wo im Frühling etwas Thonschlamm sich absetzt, der durch die Bäche eingespühlt wird, während im Sommer bei fortschreitender Konzentration Gyps, im Spätsommer und Herbst Steinsalz niedergeschlagen wird. In manchen Fällen können wir auch an Schwankungen des Klima in Perioden von mehreren Jahren oder Jahrzehnten, etwa vergleichbar den 30—35jährigen Gletscherschwankungen, denken, wo die nasse Periode Gyps oder Anhydrit oder Salzthon, die trockene reines Steinsalz liefert. Da sind die einzelnen Schichten die Absätze verschiedener Jahre oder verschiedener Gruppen von Jahren und die Ursache der Schichtung liegt in periodisch regelmässigem Wechsel von Temperatur oder Trockenheit, also in Schwankungen der Konzentration.

In einem Teil der Molassebildungen von Oehningen wechseln $^1/_4$ bis ein oder mehrere Millimeter dicke Schichtchen eines nur wenig mergeligen Süsswasserkalkes ab mit $^1/_{10}$ bis höchstens 1 mm dicken Thon oder Mergelblättchen dazwischen. Wir können die dünnen Schichtchen mit dem Messer von einander abheben, die Schichtfugen sind gut ausgeprägt. Heer hat durch die Fossilien direkt nachgewiesen, dass es sich in den verschiedenen Schichtchen um den Wechsel der Jahreszeiten handelt. Das Analogon in der Gegenwart ist leicht zu finden. In vielen unserer Süsswasserseen, z. B. im Zürichsee, setzt sich in der kühleren und nasseren Jahreszeit der von Flüssen und Bächen eingespühlte feine Thonschlamm ab. Im Spätsommer bei höherer Temperatur des Sees dagegen findet ein sehr feiner mikrokrystalliner Absatz von Kalk (Seekreide) statt. Hier sind also die verschiedenen Schichtchen die Produkte der verschiedenen Jahreszeiten und ein Schichtakkord, oder eine Schichtperiode, die sich immer wieder repetiert, entspricht einem Jahre.

Es gibt noch hie und da ähnliche Erscheinungen nicht nur aus Salzseen und Süsswasserbecken, auch bei — sogar pelagischen — Meeresabsätzen. In einem grossen Schichtenkomplex des Flysch, in den berühmten Fischschiefern des Kantons Glarus, liegen einige hundert Schichtplatten von 2 mm bis höchstens 30 mm Dicke übereinander, von denen jede unten eine harte kalkige (die „Härte"), oben eine weichere thonige kalkärmere Seite (die „Linde") hat, die miteinander zu einer dünnen Schicht verwachsen sind. Auch hier liegt es sehr nahe, den Schichtwechsel dem Wechsel der Jahres-

zeiten zuzuschreiben und jede der dünnen Platten als das Produkt je eines Jahres anzunehmen. Dass die verschiedenen Jahreszeiten verschiedene Produkte liefern können, ist einleuchtend wegen dem Wechsel in der Konzentration, in der Einschwemmung und in der Temperatur. An tausenden von Orten werden Meeresströmungen und andere Verhältnisse den Jahreszeitenwechsel für die Absätze verwischen, an anderen Stellen kann er im Schichtwechsel zur Geltung gelangen. Manchmal mag es gerade eine jahreszeitliche regelmässige Verschiebung von Meeresströmen sein, die ihn zu Stande bringt.

Es wäre von Interesse, einmal alle bisher bekannten feinen Schichtwechsel zusammenzustellen und zu vergleichen, die eventuell als Jahrringe der Erde gedeutet werden können. Zu den wenigen oben erwähnten Beispielen gehören ferner die Silurschiefer der Bretagne, die auch ihre „Härte" und „Linde" wie die Glarnerschiefer zeigen, bis hinauf zu den Schichtwechseln der Glacialthone bei Stockholm etc.

Nun aber gibt es in sedimentären Komplexen andere Fälle von hundertfältig repetiertem Schichtwechsel, bei dem die einzelnen Schichten unmöglich das Produkt blos einzelner Jahre oder Jahreszeiten sein können, sondern Jahrzehnten, Jahrhunderten, vielleicht Jahrtausenden entsprechen. Es sind die einzelnen Schichten z. B. aus Foraminiferenkalkstein, oder aus dichtem Kalkstein gebildet und je 0,2 bis 1 m mächtig. Nach allem, was wir über den Absatz solcher Gesteine wissen, gebraucht es eine lange Reihe von Jahren, um eine solche Schicht zu bilden. Das gleiche gilt von den Hornsteinen, die Radiolarite oder Spongite sind. Schon nach ihrem organischen Inhalt ist nur eine sehr langsame Bildung denkbar, dennoch sind die einzelnen Schichten sehr oft viel, viel mächtiger, als es bei den oben besprochenen Jahresschichten oder Schichten durch 10 bis 50 jährige Klimaschwankungen bedingt, der Fall ist. Zunächst einige Beispiele:

Repetitionsschichtung ohne Gesteinswechsel: Malm (Hochgebirgskalk) der autochthonen östlichen Schweizeralpen, Komplex von auch mikroskopisch fast völlig dichtem, splittrigem schwarzem fast thonfreiem ($CaCO_3$ = 90 bis 98 %) Kalkstein, 400 bis 600 m Mächtigkeit, in 1000 bis 2000 Schichten von 0,1 m bis 1,0 m Mächtigkeit geteilt.

Auch in manchen Abteilungen im Malm des Jura, in den dolomitischen Kalken der Ostalpen, im Schrattenkalk der helvetischen Alpen etc. etc. kommt Schichtung ohne Gesteinswechsel massenhaft repetiert vor. In diesen Fällen handelt es sich in der Schichtung um einen periodischen Unterbruch eines chemischen oder chemisch-organischen Niederschlages, eine Oscillation in der Intensität des chemischen Niederschlages.

Repetitionsschichtung mit Gesteinswechsel: Ober-Lias und Dogger am Südfuss der Alpen, z. B. Breggiaschlucht bei Chiasso. Dichter oft konkretionärknolliger Kalkstein wechselt regelmässig ca. 450 mal mit rotem Mergel. Die Schichtbänke sind 0,01 bis 0,5 m mächtig. Oben sind die Kalkbänke, im untern Teil die Mergelbänke mächtiger (Vergl. diese Zeitschrift 1996, Geol. Nachlese Nr. 15, Seite 6—7).

Malmkalk der helvetischen östlichen Schweizeralpen, z. B. bei Quinten. Mergelige Bänke von ca. 0,1 m wechseln ab mit thonarmen schwarzen Kalksteinbänken von 0,3 bis 1,5 m. Der Wechsel ist mehrhundertfach.

Wechsel von Kalk mit Mergel ist besonders häufig. Wir finden ihn hundertfältig repetiert ebenso in den silurischen Kalken Skandinaviens wie in den Jurakalken des Jura oder im Liasfleckenmergel der Ostalpen. Ein ganz besonders aufffallendes Beispiel davon liefert uns auch noch die helvetische Kreide:

Kieselkalk (Hauterivien) wechselt mit Mergel oder Thonschichten. Am Urnersee z. B. südlich Brunnen, am Mythenstein, Rütli etc. sehen die Felswände wie in dünnen Lagen künstlich aufgemauert aus („Mäuerlikalk"). Aehnliches wiederholt sich in den Churfirsten (Pflastersteinbrüche bei Weesen), am Pilatus etc. Bänke von Kieselkalk von 0,1 bis 0,3 m Mächtigkeit wechseln erstaunlich regelmässig 500 bis 1000 mal ab mit Mergelbänken von 0,01 bis 0,2 m Dicke. Die schärfste Schichttrennung liegt manchmal mitten in dem Mergel, öfter nahe am Kieselkalk, so dass nur noch eine dünne Thonhaut mit dem Kieselkalk geht. Ganz ähnliche regelmässige Bankung des Kieselkalkes mit Mergelzwischenschichten ist im Hauterivien am Rawylpass nördlich der Passhöhe zu sehen.

Es ist mir vollständig bewusst, dass ich mich in Widerspruch befinde mit der weit verbreiteten Anschauung, wornach fast aller marine Kalkstein direkt aus Organismen oder deren Zerreibungsschlamm gebildet sein soll. Das mikroskopische Bild einer grossen Menge von Kalksteinen kann ich nicht anders als im Sinne von viel chemischem Niederschlag deuten, wobei freilich die Verwesungsprodukte der Organismen im chemischen Umsatz betätigt sein mochten. Die Bildung der Feuersteinknollen und Schichten beruht ebenso auf chemischem Absatz. Mir scheint, man hat vielfach den chemischen Niederschlag unterschätzt. Hier freilich ist nicht der Ort, diesen Standpunkt eingehend zu begründen. In den oben genannten Fällen handelt es sich nach meiner Ueberzeugung um einen Wechsel von vorherrschend chemischem mit beigemischt mechanischem Niederschlag. Es sind Bildungen aus offenem Meer. Die einzelne Schicht lässt sich weithin verfolgen. Nirgends in den Wänden des

„Mäuerlikalkes" ist es mir noch gelungen, das Auskeilen einer Kieselkalkschicht zwischen den anderen zu sehen. Die einzelnen Schichtchen müssen weithin durch das Meer gleichartig gebildet worden sein und der Wechsel in den Absatzbedingungen von Schicht zu Schicht kann nicht durch lokale Wirkungen erklärt werden.

Prinzipiell lassen sich hier von vornherein drei Fälle denken.

1. Der mechanische Niederschlag ist konstant, der chemische oder organochemische setzt periodisch ein.

2. Der chemische oder organochemische Niederschlag ist konstant, der mechanische setzt periodisch ein.

3. Beide Arten der Niederschläge wechseln periodisch mit einander ab.

Wo es sich, wie in einigen der oben genannten Beispiele um Absätze in weiten Meeren und um grosse ausgedehnte Regelmässigkeit des Schichtwechsels handelt, da ist, wie mir scheint, eine regelmässige Periodicität in der Zufuhr des mechanischen Materiales nach Nr. 2 und 3 sehr schwierig anzunehmen. Wir müssten zurückgreifen auf Periodicität in der Abspühlung der Festländer. Was für eine Ursache soll da einen hundertfältigen regelmässigen Wechsel erzeugen? Auch die Kalkschichten, die mit den Mergeln wechseln, enthalten immer noch etwas Thonbeimengung. Dadurch erhält für mich die obige Annahme Nr. 1 weit mehr Wahrscheinlichkeit, wornach die Schichtung hauptsächlich in einer Periodicität des chemischen oder organochemischen Niederschlages, in obigen Beispielen also des Kalkniederschlages, beruht.

Da nun chemischer Kalkniederschlag ja vielfach auf Umsetzung durch die Verwesungsprodukte der Organismen beruht, werden wir auf die Frage hingewiesen, inwiefern fällt vielleicht Schichtperiodicität mit Periodicität im organischen Leben zusammen? Dies führt uns auf die Fälle, wo regelmässiger periodischer Schichtwechsel auch bei organogenen Gesteinen auftritt.

Der Seewerkalk der helvetischen Zonen der Schweizeralpen ist ein dichter Kalkstein, ganz erfüllt von Foraminiferenschalen. Die Grundmasse, der sehr dichte Kalkstein, herrscht dem Volumen nach vor. Die Foraminiferenschälchen sind oft sehr fein erhalten auch in ihrer eigenen Struktur, und verschwimmen nicht in die Grundmasse. Die letztere besteht also nicht aus umgewandelten Foraminiferenschalen, sondern ist ein feinstkrystalliner, wahrscheinlich indirekt durch Organismen, durch ihre Fäulnisprodukte veranlasster Kalkniederschlag. Der Kalkstein bildet flasrig knollige Kalkplatten von ca. 0,05 m bis 0,1 m Dicke, die durch schwarze antrakonitisch-thonige Häute von blos 0,0001 bis 0,002 m von einander getrennt

sind. 1000—3000 mal wechseln knollige Kalklagen mit schwarzen Thonhäuten ab. Wenn auch hier die Schichten sehr dünn sind, so können doch Foraminiferenkalkplatten von 0,05 bis 0,1 m nicht Produkt blos eines Jahres sein.

Ist hier der Thonabsatz stetig und langsam, aber periodisch übertönt vom Kalkabsatz? Ist der Kalkabsatz beständig, der Thonabsatz periodisch? Hier drängt sich eine andere Erklärung auf: Die schwarzen thonigen Flasern ziehen auch in die knolligen Kalkbänke hinein und durch dieselben hindurch; wir finden sie manchmal nicht nur zwischen, sondern auch in den Kalkbänken, aber immer scharf ausgeschieden vom Kalkstein. Hier mögen beide Absätze gleichzeitig stattgefunden haben; durch die konkretionäre Tendenz des Kalksteines kann vielleicht während der Konsolidation eine diagenetische Entmischung eingetreten sein.

An manchen Orten aber lässt sich die Schichtung im Seewerkalk nicht so erklären, indem stark mergelige Schichten von 0,01 bis 0,2 m abwechseln mit rein kalkigen. Die schwarzen Thonhäute sind dann nur in den Kalkschichten deutlich, in den mergeligen kaum vorhanden. Da muss ein periodischer Wechsel im Absatz zwischen Kalkstein und Mergel stattgefunden haben als ein Vorgang höherer Ordnung, während die Ausscheidung der schwarzen Häute im Kalkstein ein Resultat der Diagenese sein kann.

Die Frage liegt nahe, ob nicht auch ein konstanter Absatz von Foraminiferenkalk periodische Wiederauflösung am Meergrunde erfahren habe und die Thonhäute die Auflösungsrückstände seien. Ich halte das im Fall Seewerkalk deshalb für sehr unwahrscheinlich, weil die Auflagerungsflächen der Thonhäute nicht karrig rauh, sondern knollig glatt sind.

An seiner Basis beginnt der Seewerkalk damit, dass sich im Glauconitgrünsand Lagen von Kalkkonkretionen einstellen, die allmählig zusammenwachsen und den Grünsand verdrängen, der dann durch die Thonhäute nach oben ersetzt wird. In seinem obersten Teil wird der Seewerkalk stets mergeliger und geht in Mergelschiefer über. Auch der letztere enthält Foraminiferen. Die Kalknollenbildung ist also nicht direkt durch die Foraminiferen bedingt, denn sie hört im Foraminiferenmergel auf. Die schichtig-konkretionärknollige Form des Kalkes von seinem Beginn im Grünsand bis zum Ueberhandnehmen des Mergels macht es mir wiederum am wahrscheinlichsten, dass der mechanische thonige Niederschlag der konstante, der kalkige dagegen der periodisch zunehmende war.

Es gibt gewiss eine ganze Menge von Beispielen, wo chemische oder organogene mit mechanischen Absätzen wechsellagern. Wenn

der eine Absatz stark über den andern vorherrscht — gleichgültig welcher Art im übrigen die Absätze seien — so stellt sich sehr oft konkretionär knollige Gestaltung der Schichten des quantitativ untergeordneten Niederschlages ein.

Wir kennen auch Fälle, wo ohne jede chemische Beimengung verschiedene chemische oder organogene oder zugleich chemische und organogene Absätze in zahlreichen Repetitionen mit einander abwechseln. Dabei freilich sind die als organogen bezeichneten Absätze selten oder niemals rein organogen. Bei den Radiolariten z. B. besteht die Grundmasse oft aus dichtem Hornstein, in welchem viele Radiolarienschalen liegen; bei Spongiten ist auch oft die eingelagerte und umgelagerte Kieselmasse über den organischen Rest nach dem Volumen vorherrschend. Es gibt Foraminiferenkalke, Echinodermenbreccien etc., bei denen die Schalentrümmerchen und zerriebenen Schalen die Hauptgrundmasse bilden, häufiger aber herrscht ein dichter direkt oder indirekt chemisch niedergeschlagener Kalkstein als Grundmasse über die eingeschlossenen scharf umgrenzten Schälchen vor. Wie dieses Verhältnis zustande gekommen ist, wissen wir noch kaum. Die Verwesungsprodukte des Protoplasma der Foraminiferen haben den chemischen Kalkniederschlag hervorgerufen, in welchen gleichzeitig die Schälchen eingebettet worden sind. Oder die durch organisches Leben bedingte Kalkausscheidung hat überhaupt die Abscheidung von Kalk aus der Mutterlauge angeregt, die Organismen haben die Mutterlauge des Meeres gewissermassen im Sinne des Kalkabsatzes oder des Kieselabsatzes infiziert. Gewiss sind die Absatzbedingungen, welche lebende organische Ausscheidung begleiten, oft recht kompliziert.

Erinnern wir uns an einige Beispiele. Der untere Lias am Monte Generoso besteht aus einem wohl 5000—10000 maligen Wechsel von dichtem Kalkstein mit zusammenhängenden Schichten oder Knollenlagen von Spongitenhornstein! Der obere Teil des Biancone am Südfuss der Alpen besteht aus einem Foraminiferenkalkstein mit einer grossen Anzahl dünner Einlagen von Hornstein. Ganz ähnlich ist oft die südenglische Kreide und auch der russische karbonische Foraminiferenkalk aufgebaut. In den jurassischen Hornsteinen an der Südseite des Kaukasus wechseln die Hornsteinschichten mit dünnen Kalklagen ab. Im Malm von der Umgebung von Chiasso ist der Radiolarienhornstein in über hundert Bänke getrennt, wobei jeweilen die Mitte der dünnen (meistens 5—10 cm) Bank den reinsten Hornstein enthält, oder die Hornsteinlagen durch Lagen kieseliger ebenfalls Radiolarienreicher Thone in regelmässigem Wechsel getrennt sind.

Durch einen Vergleich der chemischen und organogenen Schichtkomplexe oder derjenigen, wo chemische oder organogene mit mechanischen Sedimenten regelmässig abwechseln einerseits, mit den rein mechanischen Sedimenten andererseits, tritt uns ein grosser Unterschied im Charakter der Schichtung deutlich entgegen:

1. Bei unverändertem Gestein ohne petrographischem Wechsel zeigen sich doch die chemischen und häufig auch die organogenen Sedimente sehr deutlich und regelmässig geschichtet, die mechanischen Sedimente dagegen in diesem Falle manchmal nicht. So finden wir z. B. 10—30 und sogar bis 100 m mächtige Massen von Conglomeraten (Rigidossen) ohne Schichtungsfuge, Sandsteine bis über 20 m ohne Schichtfugen (Molasse von Ostermundingen), Thonschieferkomplexe von mehreren hundert Metern nur mit Schieferung homogen durchsetzt, aber ohne jede regelmässige Schichtung.

2. Bei Schichtung unter Gesteinswechsel zeigen die chemischen und organogenen Sedimente (eventuell unter Mitbeteiligung mechanischer Beimengungen) die oben oft erwähnte regelmässige hundertfältige Repetition der stets gleichen Periode. Bei den vorherrschend mechanischen Sedimenten dagegen fehlt diese Erscheinung der regelmässigen Periodicität im Absatz vollständig. Der Schichtwechsel z. B. zwischen Sandstein und Thon oder Conglomerat und Sandstein kann wiederholt und sehr mannigfaltig sein, er nimmt aber nicht den Charakter der regelmässigen Periodicität, sondern der mannigfaltigen Unregelmässigkeit an, und zeigt eine Menge unregelmässiger Wechsel beim Verfolgen in horizontaler Erstreckung. Grosse Regelmässigkeit in der Schichtung ist bei vorherrschend chemischen und vielen organogenen Sedimenten die Regel, bei rein mechanischen seltene Ausnahme.

Die Schichtung der mechanischen Sedimente mit oder ohne Gesteinswechsel beruht auf Wechsel in den Einschwemmungsbedingungen und der Verbreitung und Verarbeitung des Eingeschwemmten. Da kommen in Betracht Wechsel der Niederschläge und der Hochwasser auf dem Festlande, successive Entblössung verschiedener abschwemmbarer Gesteinsmassen auf dem Festland, Schwankungen der Ströme hin und her auf ihren Delta, Hebungen und Senkungen der Uferzone, Wechsel in der Gestaltung des Abspühlungslandes, weitere Verteilung des Materiales durch Brandung, Flut- und Ebbeströmungen, Meeresströmungen, Wechsel der letzteren, etc. etc. Es ist selbstverständlich, dass durch diese Erscheinungen eine mehrhundertfältige regelmässige Periodicität in der Schichtung nicht zustande kommen kann.

Nur die vorherrschend chemischen oder chemisch-organogenen Niederschläge zeigen die mehrhundertfältige regelmässige Periodicität mit oder ohne regelmässigem Gesteinswechsel. Zur Erklärung dieser Fälle kommen wir sicherlich nicht aus mit Verschiebung von Meeresströmungen, Verschiebung des Planktonführenden Stromes, Aenderungen von Meerestiefen, Aenderungen in der Verteilung von Land und Meer, Klimawechsel, denn alle diese Erscheinungen gehen nicht gesetzmässig pendelartig hin und her, sie bedingen keine regelmässigen Perioden, sie erzeugen vielmehr die Wechsel in der Facies, die oft lange nicht wieder zu ähnlicher Art zurückkehren, aber sie erklären nicht die regelmässige Schichtung oder den gleichartig tausendmal repetierten Schichtwechsel innerhalb der Ablagerungen unveränderter Facies. Sie regieren gewissermassen die Stufen und Unterstufen, die Facies, aber nicht die Schichtung innerhalb einer Facies, die wir hier im Auge haben.

So werde ich immer mehr dazu gedrängt, die Erklärung für die hundertfache Periodicität in der Schichtung der chemischen oder chemisch-organogenen Sedimente mit oder ohne Gesteinswechsel zu suchen in einer Oscillation der chemischen Bedingungen um eine Gleichgewichtslage herum. Wenn die Ablagerung nach kurzen Aenderungen oder Unterbrüchen tausendmal immer wieder die gleiche wird, so müssten eben die Absatzbedingungen jeweilen immer wieder in die gleichen zurückfallen, sie schwanken zwischen Stillstand und Vorgang oder zwischen zwei typischen Formen hin und her. Das kann nur begründet sein im Chemismus des Niederschlages selbst. Der Niederschlag selbst kann Schuld sein an den Veränderungen der Bedingungen. Die ihn erzeugenden Umstände erschöpfen sich durch den Niederschlag selbst und dann muss er aussetzen, bis durch daneben annähernd konstant wirkende Faktoren die früheren Umstände regeneriert sind und der gleiche Niederschlag wieder einsetzt. Chemische Massenwirkungen, chemische Konzentrationsfragen, organisches Leben, „chemische Infektion" sind im Spiele. Wir kennen diese Erscheinungen im einzelnen noch fast gar nicht. Die Enderscheinung aber, die Repetitionsschichtung zwingt uns zur Annahme einer Oscillation der Absatzbedingungen um eine chemische und zum Teil um eine organo-chemische Gleichgewichtslage, die sich in gewaltiger Grossartigkeit vollzieht, pendelnd Jahrzehnte, Jahrhunderte, vielleicht Jahrtausende nach der einen, dann nach der andern Richtung, vielhundert mal vielleicht, bis grössere Aenderungen neue ganz andere Gleichgewichtslagen schaffen. Es sollte wohl der chemisch physikalischen Forschung gelingen, die

Frage dieser Oscillation um chemische Gleichgewichtslagen näher zu prüfen und vielleicht experimentell nachzuahmen. Wir können einige der Fälle, die in der Schichtreihe der Sedimente so häufig auftreten, unserem Verständnis noch etwas näher führen.

Setzt ein Meer Kiesel ab, mehr als der Zufuhr entspricht, so wird sein Wasser kieselärmer und relativ kalkreicher. Dadurch hört der Kieselabsatz auf und es setzt der Kalkabsatz ein. Einmal eingeleitet gehen die Umsetzungen einige Zeit in diesem Sinne fort, bis die Gleichgewichtslage wieder eine Spur überschritten ist. Ich denke mir, es braucht minimale Oscillationen um die Gleichgewichtslage herum, um wechselnd Kieselabsatz oder Kalkabsatz zu provozieren. Selbstverständlich muss das Gleichgewicht sich abfinden mit den Zufuhrverhältnissen, wie die Abspühlung von den Kontinenten sie schafft, und mit diesen sich verschieben. Aenderungen dort können die Gleichgewichtslage auch ganz zerstören und der Art veränderte Absatzbedingungen schaffen, dass ein neuer anderer Schichtkomplex beginnt.

Noch verständlicher werden uns solche Vorgänge, wenn wir an die Mitwirkung der Organismen denken, wobei die Organismen eine Art Infektion oder Anstoss zu bestimmten chemischen Umsetzungen im Meere geben können. Denken wir zunächst an den einfachsten Fall: Im relativ kalkreichen Meere stellen sich Foraminiferen in Masse ein und erzeugen direkt organischen und indirekt organischen d. i. chemischen Kalkniederschlag (z. B. Biancone, Liaskalk vom Monte Generoso etc.). Die Foraminiferen gedeihen gut und schlagen lange Jahre etwas mehr Kalk nieder, als in gleicher Zeit dem Meere zugeführt wird. Der Absatz, einmal eingeleitet, dauert fort, bis der Kalkgehalt des Meeres so sehr abgenommen hat, dass die Lebensbedingungen der Foraminiferen sich mehr und mehr verschlechtern. Sie selbst nehmen nun ab und damit ihre Provokation des Kalkniederschlages. Nun ist die relative Kieselkonzentration gestiegen und dadurch sind nun allmählig die Verhältnisse für die Kieselbildner günstiger geworden. Radiolarien, Kieselschwämme nehmen überhand und infizieren das Meer im Sinne organogenen und zugleich direkt chemischen Kieselabsatzes. Nach langer Zeit übersteigt allmählig auch hier der Absatz die Zufuhr, das Meer verarmt allmählig an Kiesel, die Kieselorganismen trifft das gleiche Schicksal wie früher die Kalkbildner. Unterdessen hat sich aber der Kalkgehalt des Meeres regeneriert und die Kalkbildner können sich wieder mehren und die Oberhand gewinnen. Da hätten wir trotz allen Einflusses der Organismen eben doch wiederum Oscillation im Laufe von Jahrtausenden um eine chemische Mittellage. Gewiss werden die Vorgänge noch

komplizierter bedingt sein, als hier angedeutet. Die Natur ist ja meistens viel komplizierter als unser Denken. Aber hülfsweise dürfen wir uns doch wohl solche Ueberlegungen machen. Die chemischen Bedingungen [illegible] die Organismen bedingen und die Organismen ändern wieder den chemischen Bedingungszustand. Die Wirkung wird Ursache in einer Art Kreislauf.

Eine ganz ähnliche Erklärung lässt sich geben für den Fall wo Foraminiferenkalke allein ohne Wechsel mit Kiesel oder wo chemische dichte Kalksteine allein durch Unterbrüche in der Ablagerung geschichtet sind. Ferner wenn stetig ein schwacher Thonschlamm ins Meer gelangt, so wird er in Zeiten der Kalkabsätze durch diese [illegible], in Zeiten des verminderten oder aussetzenden Kalkabsatzes dagegen wird eine dünne Lage Mergel oder Thon entstehen.

Bei periodischen Aenderungen im Absatz wie bei einmaliger dauernder Aenderung bildet sich der neue Absatz sehr häufig, weil [illegible] Massen [illegible] Konkretionsgestalt knollig ein, während er in der Regel nach oben nicht konkretionär endigt, sondern in Form schwindender Grundmasse, manchmal zwischen neuen kockretionären Bildungen (Seewerkalk, Schrattenkalk [illegible]).

Zur Erklärung der periodischen Absatzwechsel sind auch „unorganische" [illegible] chemischen Niederschlags[illegible] denkbar. Die Hauptsache wird stets die gleiche sein: [illegible] das Meer an [illegible] oszillatorischem Wechsel die Bedingungen für die Bildung eines gewissermassen entgegengesetzten Absatzes [illegible]. Immer handelt es sich um Absatzwechsel durch ein Pendeln der Bedingungen um eine Mittellage. Es ist aber nicht eine Art [illegible] treibend ist [illegible] Faktor, das ist die beständige Zufuhr gelöster Substanzen durch die Abspülung der Festländer und durch [illegible] zeitlich [illegible] statt.

[illegible] Wechsel viel [illegible] Aenderungen [illegible] schön [illegible] konstanter [illegible] der Zufuhr [illegible] und absolute [illegible] auch der [illegible]. Es waren [illegible] höher [illegible] nehmen die

Kalkschichten zu und die Mergel gehen auf dünne Zwischenlagen zurück und können endlich ganz verschwinden. Es gibt ja viele Beispiele dieser Art, auch zwischen Kalkschichten und Hornsteinen etc. Jeder Stratigraphe kennt solche. Auch diese Erscheinung zeigt wiederum, dass die Gleichgewichtslage, um welche herum die Absatzbedingungen hin und her pendeln mit einer Schwingungszeit von Jahren, Jahrzehnten, Jahrhunderten, sich nicht stören lässt durch Veränderungen in den relativen Mengen der Zufuhr, sondern eben durch Mehrabsatz des Mehrzugeführten stets wieder auf denselben Ausgangspunkt zurückkehrt, nämlich eben auf die Gleichgewichtslage, die nur chemisch und physiologisch bedingt sein kann. So sind die Absätze das bauschale Abbild der Zufuhr, während der chemische Zustand des Meeres selbst sich nur minim ändert. Darin liegt wohl auch die Erklärung für die grosse Mannigfaltigkeit der chemischen Absätze in der Gegenwart und Vergangenheit (Kalk, Dolomit, Hornsteine, Glauconit, Eisen, Mangan, Kupfer etc.), trotz der geringen Differenzen in der chemischen Zusammensetzung der Meere verschiedener Regionen und vielleicht auch verschiedener Perioden. Durch die verschiedenen Absätze bei verschiedener Zufuhr bleibt für die Mutterlauge relative Constanz. Das Meer, das Eisenoolith abgesetzt hat, braucht nicht so arg verschieden gewesen zu sein von demjenigen, das Kupferschiefer oder Kalkoolith gebildet hat. Darum auch ist es verständlich, dass die gleichen oder doch ähnliche Tierreste in Absätzen sehr verschiedener Zusammensetzung sich finden können. Die Verschiedenheit der Zufuhr kommt im Absatz konzentriert zur Geltung, in der Mutterlauge nur sehr verdünnt und abgeschwächt. Es kann kaum erwartet werden, dass experimentelle Untersuchungen in dieser Richtung leicht volle Klarheit bringen können, weil es sich um Massenwirkungen im Zustand sehr grosser Verdünnung und der Beeinflussung durch Lebens- und Fäulnisprozesse unter zum Teil grossen hydrostatischen Drucken, ungleichen Temperaturen und in langen Zeiträumen handelt. Dagegen verspreche ich mir einen wesentlichen Fortschritt unserer Erkenntnis von einer ganz genauen chemischen und mikroskopischen Untersuchung von typischen Fällen der Repetitionsschichtung. Es frägt sich, wie, genau von Millimeter zu Millimeter, ändert sich die Ablagerung innerhalb eines Schichtakkordes der sich immer wieder repetiert. Was für Gesetze zeigen sich in dem Uebergang vom einen Absatz zum andern in der Richtung quer zur Schichtung aber auch im horizontalen Uebergang in wechselndes Faciesgebiet.

Mit besonderem Interesse las ich die Ausführungen von G. Linck über die Entstehung der Volomite (Monatsberichte der deutschen

komplizierter bedingt sein, als hier angedeutet. Die Natur ist ja meistens viel komplizierter als unser Denken. Aber hülfsweise dürfen wir uns doch wohl solche Ueberlegungen machen. Die chemischen Bedingungen mögen die Organismen bedingen und die Organismen ändern wieder den chemischen Bedingungszustand. Die Wirkung wird Ursache in einer Art Kreislauf.

Eine ganz ähnliche Erklärung lässt sich geben für den Fall wo Foraminiferenkalke allein ohne Wechsel mit Kiesel, oder wo chemische dichte Kalksteine allein durch Unterbrüche in der Ablagerung geschichtet sind. Ferner wenn stetig ein schwacher Thonschlamm ins Meer gelangt, so wird er in Zeiten der Kalkabsätze durch diese übertönt, in Zeiten des verminderten oder aussetzenden Kalkabsatzes dagegen wird eine dünne Lage Mergel oder Thon entstehen.

Bei periodischen Aenderungen im Absatz wie bei einmaliger dauernder Aenderung leitet sich der neue Absatz sehr häufig, weil zuerst in Massenminderheit, in Konkretionsgestalt (knollig) ein, während er in der Regel nach oben nicht konkretionär endigt, sondern in Form schwindender Grundmasse, manchmal zwischen neuen konkretionären Bildungen (Seewerkalk, Silurkalk Christiania).

Zur Erklärung der periodischen Absatzwechsel sind auch „unorganische Infektionen", die Anstösse zu einem bestimmten chemischen Niederschlage geben, denkbar. Die Hauptsache wird stets die gleiche sein: Durch Niederschlag der einen Substanz verarmt das Meer an derselben bis dieser Absatz aufhört, worauf in oscillatorischem Wechsel die Bedingungen für die Bildung eines gewissermassen entgegengesetzten Absatzes eintreten. Immer handelt es sich um Absatzwechsel durch ein Pendeln der Bedingungen um eine Mittellage. Es ist aber nicht eine Art Perpetuum mobile, denn treibend ist schliesslich ein ständiger Faktor, das ist die beständige Zufuhr gelöster Substanzen durch die Abspühlung der Festländer und durch vulkanische Emanationen, und erst im Absatz findet die zeitlich repetierte Scheidung oder Sortierung statt.

So läuft notwendig neben dem oscillatorischen Wechsel viel langsamer ein dauernder Wechsel, bedingt durch die Aenderungen in der Zufuhr. Der oscillatorische Schichtwechsel kann nur schön und massenhaft sich entwickeln in langen Zeiten relativ konstanter Zufuhr und Mischung. Die langsamen Veränderungen in der Zufuhr ins Wasserbecken äussern sich darin, dass die relative und absolute Mächtigkeit der zwei wechselnden Gesteinsabsätze oder auch der Schichten des einheitlichen Absatzes sich allmählig ändert. Es waren z. B. erst die Mergelschichten mächtiger als die Kalkschichten, höher in der Schichtreihe werden beide gleich stark, dann nehmen die

Kalkschichten zu und die Mergel gehen auf dünne Zwischenlagen zurück und können endlich ganz verschwinden. Es gibt ja viele Beispiele dieser Art, auch zwischen Kalkschichten und Hornsteinen etc. Jeder Stratigraphe kennt solche. Auch diese Erscheinung zeigt wiederum, dass die Gleichgewichtslage, um welche herum die Absatzbedingungen hin und her pendeln mit einer Schwingungszeit von Jahren, Jahrzehnten, Jahrhunderten, sich nicht stören lässt durch Veränderungen in den relativen Mengen der Zufuhr, sondern eben durch Mehrabsatz des Mehrzugeführten stets wieder auf denselben Ausgangspunkt zurückkehrt, nämlich eben auf die Gleichgewichtslage, die nur chemisch und physiologisch bedingt sein kann. So sind die Absätze das bauschale Abbild der Zufuhr, während der chemische Zustand des Meeres selbst sich nur minim ändert. Darin liegt wohl auch die Erklärung für die grosse Mannigfaltigkeit der chemischen Absätze in der Gegenwart und Vergangenheit (Kalk, Dolomit, Hornsteine, Glauconit, Eisen, Mangan, Kupfer etc.), trotz der geringen Differenzen in der chemischen Zusammensetzung der Meere verschiedener Regionen und vielleicht auch verschiedener Perioden. Durch die verschiedenen Absätze bei verschiedener Zufuhr bleibt für die Mutterlauge relative Constanz. Das Meer, das Eisenoolith abgesetzt hat, braucht nicht so arg verschieden gewesen zu sein von demjenigen, das Kupferschiefer oder Kalkoolith gebildet hat. Darum auch ist es verständlich, dass die gleichen oder doch ähnliche Tierreste in Absätzen sehr verschiedener Zusammensetzung sich finden können. Die Verschiedenheit der Zufuhr kommt im Absatz konzentriert zur Geltung, in der Mutterlauge nur sehr verdünnt und abgeschwächt. Es kann kaum erwartet werden, dass experimentelle Untersuchungen in dieser Richtung leicht volle Klarheit bringen können, weil es sich um Massenwirkungen im Zustand sehr grosser Verdünnung und der Beeinflussung durch Lebens- und Fäulnisprozesse unter zum Teil grossen hydrostatischen Drucken, ungleichen Temperaturen und in langen Zeiträumen handelt. Dagegen verspreche ich mir einen wesentlichen Fortschritt unserer Erkenntnis von einer ganz genauen chemischen und mikroskopischen Untersuchung von typischen Fällen der Repetitionsschichtung. Es frägt sich, wie, genau von Millimeter zu Millimeter, ändert sich die Ablagerung innerhalb eines Schichtakkordes der sich immer wieder repetiert. Was für Gesetze zeigen sich in dem Uebergang vom einen Absatz zum andern in der Richtung quer zur Schichtung aber auch im horizontalen Uebergang in wechselndes Faciesgebiet.

Mit besonderem Interesse las ich die Ausführungen von G. Linck über die Entstehung der Volomite (Monatsberichte der deutschen

geolog. Gesellschaft 1909 No. 5). Auch Linck kommt dabei zu der Vorstellung eines chemischen Gleichgewichtes und auch er nimmt den chemischen Niederschlag von Kalkstein und Dolomit an. An auffallende Repetitionsschichtungen von Kalkstein und Dolomit erinnere ich mich im Momente nicht. Wenn sie sich finden, so dürfte dieser Fall für die Darlegung einer Oscillation um das chemische Gleichgewicht besonders bedeutungsvoll sein.

Wie ich schon durch die Ueberschrift angedeutet habe, bin ich hier nicht in der Lage, eine irgendwie abschliessende Untersuchung, überhaupt nicht eine Untersuchung, sondern nur einige Gedanken vorzulegen über das Problem der Schichtung. Manchmal ist der Wissenschaft auch schon dadurch ein Dienst erwiesen, dass man auf ein über Gebühr liegen gebliebenes Forschungsgebiet hinweist und einige Gedanken sich darüber macht, die vorläufig nichts mehr sein wollen als eine Anregung, das sicherlich sehr interessante und mannigfaltige Problem aufzugreifen, und zur genaueren Beobachtung darüber anzuregen.

# Die Brombeerflora des Kantons Zürich.

Von

Robert Keller.

Die Materialien zur nachfolgenden Übersicht der Brombeerarten und -rassen unseres Kantons und ihrer Verbreitung innerhalb seiner Grenzen wurden mit ganz wenigen Ausnahmen ausschliesslich vom Verfasser im Laufe der Jahre gesammelt. Vielleicht hätte es im Interesse einer noch grösseren Vollständigkeit speziell der Verbreitung der Arten liegen können, die Herbarien von Sammlern in unserem Kanton auf zürcherische Rubi zu durchgehen. Ich glaubte aber, auf eine so zeitraubende Arbeit ohne Schaden für das Ganze verzichten zu dürfen, weil mich die Erfahrung lehrte, dass Floristen, die sich nicht speziell mit batographischen Studien beschäftigen, in der Regel das Material zu unvollständig sammeln, als dass dasselbe, sobald es sich um kritische Formen handelt, zu einem sichern Urteil führen könnte.

Die Litteratur, welche sich mit der zürcherischen Brombeerflora oder lokalen Vorkommnissen einlässlicher befasst, ist eine wenig umfangreiche. In Köllikers „Verzeichnis der phanerogamischen Gewächse des Kantons Zürich“ (1839) werden sieben Arten aufgezählt; von einer derselben, *R. plicatus* W. u. N., ist zudem das Vorkommen in der Gemarkung unseres Kantons höchst zweifelhaft.

Eine eingehendere Bearbeitung erfuhr das Geschlecht der Rubi durch den um die Förderung der Kenntnisse ganz besonders auch der kritischen Genera unserer Schweizerflora so verdienten Gremli. In seinen „Beiträgen zur Flora der Schweiz“ (1870), einem Nachtrag zur Exkursionsflora, die drei Jahre zuvor erschienen war, hat er „Vorarbeiten zu einer Monographie der schweizerischen Brombeeren“ veröffentlicht, denen ganz besonders ost- und nordschweizerische Beobachtungen zu grunde lagen. Eine Ergänzung fand

diese für das Studium unserer schweizerischen Brombeerflora wichtigen Arbeit durch die „Beiträge zur Kenntnis der schweizerischen Brombeeren", öst. bot. Zeitschr. XXI (1871).

In Jäggis Eglisau in botanischer Beziehung (1883), die nicht eine spezielle Bearbeitung des Gebietes bezweckte, wird der interessanten Brombeerflora der Umgebung des Rheinstädtchens und des nördlichen Grenzgebietes, des Rafzerfeldes, kaum Erwähnung getan.

Die Brombeeren aus der Umgebung von Winterthur sind in meiner „Flora von Winterthur" (1891) zum ersten Male einlässlicher geschildert. Teile meiner späteren Beobachtungen über das Vorkommen und die Verbreitungen zürcherischer Rubi liegen meinen folgenden Veröffentlichungen zugrunde: „Beiträge zur Kenntnis der ostschweizerischen Brombeeren" in Bull. Herb. Boiss. 2. Sér. IV (1904) und „Beiträge zur Kenntnis der ostschweizerischen Brombeeren", 2. Mitteilung in Mitteilg. d. nat. Gesellsch. Winterthur, VI. Heft (1906), „Flora der Schweiz", 1. Aufl. 1900, 2. Aufl. 1905, hier namentlich im 2. Teile (kritische Flora), 3. Aufl. 1909.

Ausserordentlich förderlich war meinen Studien, dass durch die Vermittlung des Herrn Professor Schinz der Altmeisterr der Brombeerkunde, Herr Dr. Focke in Bremen, mir über viele der kritischen Formen mit seiner reichen Erfahrung Wegleitung und Belehrung bot.

Um diese „Brombeerflora des Kantons Zürich" Floristen recht nutzbar zu machen, ist an Stelle einer blossen Aufzählung der Arten und ihrer Standorte eine systematisch orientierende Übersicht gewählt worden. Doch will ich nicht unterlassen zu bemerken, dass, wer sich eingehender mit dieser so überaus formenreichen Gattung beschäftigen will, monographischer Bearbeitung des Genus, wie sie z. B. in Schinz und Kellers „Flora der Schweiz" 1. Teil und vor allem 2. Teil, dann namentlich in Fockes trefflicher Bearbeitung der Rubi in der Synopsis von Ascherson und Gräbner niedergelegt sind, nicht entraten kann.

Die Literatur wurde im nachfolgenden nur in der Weise berücksichtigt, dass je der Ort der ersten Publikation der Art erwähnt wurde — in vielen Fällen stützen sich die Angaben auf Fockes Mitteilungen in der Synopsis von Ascherson und Gräbner —, ferner die Beschreibungen in der Synopsis und in der Flora der Schweiz von Schinz und Keller. Dabei wurden folgende Abkürzungen angewandt:

Syn. VI = Fockes Bearbeitung des Rubi in der Synopsis von Ascherson und Gräbner, 1902.

Fl.$_2$ I u. II = Schinz und Keller, „Flora der Schweiz", I. Teil; „Exkursionsflora", II. Teil; „Kritische Flora", 2. Aufl., 1905.

Fl.$_3$ I = Dito, 3. Aufl., 1909.

### *1. Untergattung:* ***Cylactis.***

*1. Oberirdische Stengel einjährig, schwach bewehrt; Laubblätter 3zählig gefingert. Nebenblätter frei. Kelchbecher kreiselförmig. Steinfrüchtchen rot, 1—6, gross, locker zusammenhängend.*

**Rubus saxatilis** L. spec. pl. ed. I. 494 (1753). — Syn. VI. 444 (1902). — Fl.$_2$ I. 252 und II. 101 (1905) — Fl.$_3$ I. 274 (1909).

Itlisberg bei Rafz. — Zwischen Alten und Ellikon am Rhein. — Zwischen Marthalen und Rheinau. — Kohlfirst, vor Wildensbuch. — Stammheimerberg. — Bülacher Hard. — Steinbachtobel im Eschenberg bei Winterthur. — Tössrain am Eschenberg. — An der Töss zwischen Steg und Laupen, häufig. — Im Tobel bei Rykon im im Tösstal. — Halde gegenüber der Station Sennhof. — Brühlbachtobel bei Kyburg. — Zwischen Effretikon und Baltenswil. — Ibstel Tobel, Dübendorf (Meister). — Sagitobel am Zürichberg. — An der Sihl bei Schönenberg und Hütten.

*1.* Stämme im 1. Jahre als Schössling Blätter, im 2. Jahre Blütenzweige treibend. Nebenblätter mit dem Grunde des Blattstieles verbunden. Kelchbecher schüsselförmig.*

### *2. Untergattung:* ***Idaeobatus.***

*2.* (Vergl. *2.** S. 346.) *Laubblätter gefingert oder meist gefiedert. Steinfrüchtchen zahlreich, rot, samtflaumig, zusammenhängend. Sammelfrucht bei der Reife von dem kegelförmigen Fruchtboden sich leicht ablösend.*

**Rubus idaeus** L. spec. pl. ed I. 492 (1753). — Syn. VI. 444 (1902). — Fl.$_2$ I. 252 und II. 101 (1905). — Fl.$_3$ I. 274 (1909).

Durch das ganze Gebiet in Waldungen und Gebüsch meist überall häufig und ausserordentlich beständig, indem nur die Breite der Blättchen ± stark variiert. — Abänderungen mit schmalen, eiförmig-lanzettlichen oder länglich-lanzettlichen Blättchen stellen die *f. angustifolia* Schmidely in Cat. rais. d. ronces d. env. de Genève, Bull. soc. bot. Gen. (1888) dar. Hin und wieder an feuchten Standorten, namentlich der höheren Lagen. — Zu fahnden auf *f. denudatus*, Schimp. und Spenn. Fl. Frib. 743 (1829), Blätter unterseits grün und die Mutation *obtusifolius* (*R. obtusifolius* Willd. in Berl. Baumz., II. Aufl. 409 (1811). Blätter der Blütenzweige einfach, nierenförmig.

**Rubus caesius** L. × **R. idaeus** L. — Syn. VI. 446 (1902). — Fl.$_2$ II. 111 (1905).

Hausersee bei Ossingen. — Aurüti am Hüttkopf. — Steg im Tösstal. — Im Tobel bei Lenzen-Steg. — In der Eigelhart, zwischen Pfungen und Ober-Embrach vor dem Hof Mettmenstetten. — Reitenbach bei Fehraltorf. — Rifferswil, am Bach beim Schulhaus.

### *3. Untergattung:* ***Eubatus.***

2.* *Laubblätter 3—5zählig gefingert oder fussförmig, selten durch Teilung des Endblättchens 7zählig. Steinfrüchtchen kahl oder behaart, schwarzglänzend oder blaubereift, als Sammelfrucht und mit dem Fruchtträger verbunden abfallend.*

3. (Vergl. *3.** S. 347.) *Vegetative Vermehrung durch Wurzelbrutt Schössling anfänglich aufrecht, später nickend; drüsenlos. Blättchen unterseits grün. Nebenblätter schmal linealisch-lanzettlich. Blütenstandachse ohne Stieldrüsen. Blütenstand traubig.*

#### a) **Suberecti.**

4. *Schössling stielrund oder stumpfkantig. Stacheln klein, kegelförmig, meist schwarzrot. Laubblätter durch Teilung des Endblättchens oft 7zählig. Früchte schwarzrot.*

**Rubus nessensis** Hall. Transact. Edinb. III 20 (1794). Fl.$_3$ I 274 (1909). — *R. suberectus* Anders. Syn. VI 454 (1902). — Fl.$_2$ I 253 und II 101 (1905).

Hohrüteli bei Rafz. — Buchenloo bei Rafz. — In der Stocki bei Weiach. — Sanzenberg bei Weiach. — Hasli bei Zweidlen. — Hattenberg bei Trüllikon. — Hohenasp zwischen Lindau und Breite. — Zwischen Baltenswil und Effretikon. — Zwischen Eichengrie und Rosentann. — Zwischen Effretikon und Illnau. — Im Walde ob Reitenbach bei Fehraltdorf. — Zwischen Wermatswil und Pfäffikon. — Im Wäldchen vor der Herzogenmühle bei Wallisellen. — Im Hard bei Bassersdorf. — Zwischen Bassersdorf und Dietlikon. — Zwischen Dietlikon und Kloten. — Altberg ob Dällikon. — An der Strasse vom Katzensee gegen Adlikon in der Kiesgrube. — Thalwiler Wald. — Eggwald bei Horgen. — Stiegelrain zwischen Stäfa und Widum-Hombrechtikon. — Im Unterholz bei Mettmenstetten. — Im Wäldchen zwischen Affoltern im Amt und Dachelsen.

4.* *Schössling nach oben scharfkantig oder kantig gefurcht. Stacheln kräftig, zusammengedrückt. Laubblätter 5zählig gefingert. Äussere Blättchen gestielt. Blättchen meist flach. Kelchblätter nach dem Verblühen zurückgeschlagen. Staubblätter die Griffel überragend. Früchte schwarz.*

**Rubus sulcatus** Vest in Tratt. Rosac. III 42 (1823). — Syn. VI 456 (1902). — Fl.$_2$ I 253 und II 101 (1905). — Fl.$_3$ I 275 (1909).

Sanzenberg bei Weiach. — Bülacher Hard. — Kohlfirst am Stadtweg. — Kohlfirst ob Uhwiesen. — Hausersee bei Ossingen. — Schneitberg bei Andelfingen. — Lindberg, eine stark behaarte Form, die etwas an *R. pseudothyrsanthus* K. Fr. et O. Gel. erinnert. — Ob dem Tössertobel am Lindberg, links ob der Strasse zum Bäumli. — Lindberg, ob dem Haldengut. — Im hinteren Lindberg an den ost-westlich verlaufenden Waldstrassen häufig. — Wolfensberg ob Veltheim. — Zwischen Baltenswil und Effretikon. — Effretikon, bei den Kiesausstichen an der Zürcherlinie gegen Dietlikon. — Rebberg bei Effretikon ob der Strasse nach Illnau. — Im Walde zwischen Illnau und Fehraltdorf. — Forrbuch zwischen Kloten und Bassersdorf. — Zwischen Dietlikon und Kloten im Walde ob der Station Kloten. — Niggital bei Rüti (Benz). — In der Kiesgrube zwischen dem Katzensee und Adlikon. — Zwischen Affoltern und Dachelsen.

*Hybride der Subrecti.*

**Rubus sulcatus** Vest × **Rubus caesius** L. Syn. VI 459 (1902).

Brühlberg bei Winterthur.

**Rubus sanzenbergensis** Rob. Keller, spec. hybr. Bull. de l'Herbier Boissier, 2$^{me}$ Série. IV 333 (1904) =

**Rubus sulcatus** Vest × **Rubus tomentosus** Borkh.

Sanzenberg bei Weiach; inter parentes.

**Rubus Johannis Ulrici** Rob. Keller, spec. hybr. Bull. de l'Herb. Boissier, 2$^{me}$ série IV 335 (1904) =

**Rubus sulcatus** Vest × **Rubus bifrons** Vest

Ob Kloten gegen Dietlikon; inter parentes.

**Rubus sulcatus** Vest × **Rubus vestitus** W. u. N.

Sanzenberg bei Weiach; inter parentes.

3.* *Vegetative Vermehrung durch einwurzelnde Stengelspitzen; Schössling bogig oder kriechend.*

5. (Vergl. 5.* S. 414.) *Nebenblätter linealisch oder fädlich, selten (R. thyrsiflorus) schmal linealisch-lanzettlich. Äussere Seitenblättchen deutlich gestielt.*

6. (Vergl. 6.* S. 386.) *Stacheln gleich oder fast gleich, ohne Übergänge zwischen Stacheln, Drüsenborsten und Stieldrüsen.*

7. (Vergl. 7.* S. 352.) *Schössling hochwüchsig, anfänglich fast aufrecht, später bogig, meist ohne Stieldrüsen. Blättchen unterseits ± dicht-, meist weissfilzig.*

*8. Schössling frühzeitig, schon im Sommer, sich verzweigend. Endblättchen elliptisch bis fast kreisrund, klein gesägt.*

### b) **Rhamnifolii.**

*Endblättchen elliptisch bis verkehrt-eiförmig, oberseits kurzhaarig-flaumig, unterseits weissfilzig.*

**Rubus obtusangulus** Gremli, Beitr. Fl. Schweiz 19 (1870). — Syn. VI 476 (1901). — Fl.$_2$ I 253 und II 101 (1903). — Fl.$_3$ I 275 (1909).

Stammheimerberg. — Schauenberg, am Waldrand gegen Schlatt. — Schneitberg bei Elgg. — Ruchegg-Mörsburg, ob dem Ried. — Ob der Station Seen. — Lindberg bei Winterthur, am Weg nach Reutlingen. — Wolfensberg zwischen Veltheim und Wülflingen. — Winterberger Steig bei Kemptthal. — Im Walde ob Reitenbach bei Fehraltorf. — Schuppiss bei Mettmenstetten.

*8.* Schössling einfach oder erst gegen den Herbst ästig. Endblättchen eiförmig bis länglich, ungleich grob gesägt. Blütenstand schmal. Fruchtknoten zerstreut, selten dicht behaart oder meist kahl.*

### c) **Candicantes.**

*9.* (Vergl. *9.** S. 350.) *Blütenstand ohne Stieldrüsen, lang und schmal.* (Vergl. auch *R. phyllostachys.*)

*10.* (Vergl. *10.** S. 349.) *Endblättchen schmal-elliptisch bis herzeiförmig. Schössling kahl oder sehr zerstreut büschelhaarig. Blätter oberseits kahl.*

*11. Endblättchen aus gestutztem oder schwach herzförmigem Grunde, schmal-elliptisch, allmählich zugespitzt. Zahnung ungleich- und scharfgrobgesägt, oft mit tiefeingeschnittenen, grossen Zähnen.*

**Rubus candicans** Weihe in Reichenbach, Fl. Germ. exc. 601 (1832). — Syn. VI 485. — Fl.$_2$ II 102 (1905).

Im Walde ob Hüntwangen. — Forrenbuch bei Hüntwangen. — Auf dem Edelmann bei Wasterkingen. — Bülacher Hard an der Bahnlinie nach Glattfelden. — An der Fahrstrasse von Bülach nach Glattfelden, nicht ganz typisch. — Kohlfirst ob Uhwiesen. — Stammheimerberg. — Wolfensberg ob Veltheim bei Winterthur; hier auch eine unterseits an den Blättchen sehr spärlich behaarte *f. umbrosa*. — Winterberger Steig ob Kemptthal. — Effretikon an der Zürcher Linie beim Abgang der Strecke nach Kloten. — Gegen Baltenswil. — Eichengrie zwischen Effretikon und Illnau. — Rosentann zwischen Effretikon und Illnau. — Im Walde ob Reitenbach bei Fehraltorf. —

Mesikerholz bei Fehraltorf. — Zwischen Hard und Loren im Walde zwischen Bassersdorf und Dietikon. — Kiesgrube an der Strasse zwischen Adlikon und Regensdorf. — Altberg ob Dällikon, Bezirk Dielsdorf. — Zwischen Tobelhof und Adlisberg am Zürichberg.

*11.* Endblättchen ausgewachsen breit-elliptisch bis herzeiförmig. Zahnung ungleich und ziemlich grob, aber nicht eingeschnitten.*

**Rubus thyrsanthus** Focke, Syn. Rub. Germ. 168 (1877). — Syn. VI 487 (1902). — Fl.$_2$ II 102 (1905).

Itlisberg bei Rafz. — Hohrüteli bei Rafz. — Rheinsberg unterhalb Bülach. — Dettenberg bei Bülach. — Aspi ob Nussbaumen bei Bülach. — Hochwacht am Kohlfirst ob Wildensbuch. — Stammheimerberg. — Waldrand nördlich von Kleinandelfingen. — Zwischen Huggenberg und Elgg. — Gugenhard bei Elgg. — Brühlbachtobel bei Kyburg. — Winterberger Steig ob Kemptthal. — Ebnet ob Töss. — Vogelsang im Eschenberg bei Winterthur. — Reutlinger Weg. — Lindberg bei Winterthur. — Am Weg vom Bäumli ob Winterthur nach Oberwinterthur. — Ob dem Gütsch am Brühlberg bei Winterthur. — Auf dem Plateau des Brühlberges bei Winterthur. — Wolfensberg bei Winterthur. — Ratzenhalde bei Bassersdorf. — Kiesgrube bei Adlikon-Regensdorf (nicht ganz typisch). — Sagitobel am Zürichberg. — Im Wäldchen an der Bahn zwischen Affoltern und Dachelsen. — Schuppiss bei Mettmenstetten. — Unterholz bei Mettmenstetten. — Homberg ob Rifferswil. — Haspiholz bei Rifferswil.

*11.** Blättchen gross, länglich-eiförmig bis fast breit-elliptisch, lang zugespitzt, die älteren unterseits dünnfilzig.*

**Rubus argyropsis** Focke in Syn. Rub. Germ. 170 (1877). — Syn. VI 487 (1902). — Fl.$_2$ II 102 (1905).

Sanzenberg bei Weiach. — Bächlikon ob Weiach. — Bülacher Hard, an der Bahnlinie nach Glattfelden. — Forrbuch zwischen Kloten und Bassersdorf.

*10.* Endblättchen ausgewachsen elliptisch, rhombisch-elliptisch bis kreisförmig. Schössling wenigstens in der Jugend ± reichlich behaart, später oft sehr zerstreut büschelhaarig.*

*12. Endblättchen schmal-eiförmig oder elliptisch, mit gestutztem oder schwach ausgerandetem Grunde, vorn allmählich lang zugespitzt. Blütenstand verlängert, nach oben verjüngt.*

**Rubus pubescens** Weihe in Bönningh. Prodr. Fl. Monast. 152 (1824). Syn. VI 490 (1902). — Fl.$_2$ 254 (1905). — Fl.$_3$ 276 (1909).

Im Walde zwischen Illnau und Fehraltorf. Focke schreibt zu dieser Form, in der ich den nahestehenden *R. phyllostachys* zu sehen glaubte: „Von Schattenformen des norddeutschen *R. pubescens* nicht zu unterscheiden".

*12.* Endblättchen fast kreisrund. Blütenstand lang und schmal, unten unterbrochen und ± hoch durchblättert, oben dicht.*

**Rubus arduennensis** Libert in Lejeune Fl. Spa. II 317 (1813). Syn. VI 492 (1902). — Fl.s I 276 (1909).

**Var. macrophyllus** Rob. Keller in Mitteilgn. der nat. Gesellsch. Winterthur VI 175 (1906).

Kellerrüti am Rheinsberg ob der Wagenbreche unterhalb Bülach.

*9.* Blütenstand mit vereinzelten oder ± zahlreichen, doch stets zerstreuten Stieldrüsen.*

*13.* (Vergl. *13.** S. 351.) *Blütenstand schmal, kaum verjüngt.*

*14.* (Vergl. *14.** S. 351.) *Blättchen mittelgross bis klein. Obere Blätter des Blütenstandes häufig oberseits mit einzelnen Sternhaaren. Schössling wenigstens in der Jugend ± behaart, später oft fast verkahlend.*

*15. Blättchen oberseits kahl. Endblättchen rhombisch-elliptisch bis breit-eiförmig, nach vorn mit leichten Einbuchtungen, dazwischen mit ziemlich gleichmässiger, wenig tiefer Zahnung.*

**Rubus phyllostachys** P. J. Müller, Flora XLI. 133 (1858). — Syn. VI. 488 (1902). — Fl.s II. 102 (1905).

Ob Hüntwangen. — Adenberg bei Rafz. — Hohrüteli bei Rafz. — Emperg bei Raat. — Bülacher Hard in typischen und ± abweichenden Formen. — Hausersee bei Ossingen. — Schneitenberg bei Andelfingen. — Geretswil am Schauenberg. — Gugenhard bei Elgg. — Strasse nach Nussberg. — Eichengrie bei Effretikon ob der Strasse nach Illnau. — Zwischen Effretikon und Baltenswil. — Am nördlichen Abhang der Rappenhalde bei Effretikon. — Beerenberg bei Wülflingen, am Eingang in den Wald ob dem Schweickhof. — Wolfensberg bei Veltheim. — Brühlbachtobel bei Kyburg *(var. adenophorus* Rob. Keller in Bull. de l'Herb. Boiss. 2me série, IV. 332, 1904). — Hohenasp zwischen Lindau und Breite. — Hard bei Bassersdorf. — Sagetobel am Zürichberg. — Klösterli am Zürichberg. — Im Unterholz bei Mettmenstetten.

*15.* Blättchen oberseits striegelhaarig, oft mit eingestreuten Sternhaaren.*

*17. Blättchen nach vorn tief und scharf gesägt: Endblättchen rhombisch-elliptisch.*

**Rubus elatior** Focke in Gremli. Beiträge Fl. d. Schweiz 50 (1870). — Syn. VI. 489 (1902). — Fl.$_2$ II 102 (1905).

Eschenberg bei Winterthur, ob dem Vogelsang.

*17.* Endblättchen breit-eiförmig bis fast kreisrund, am Grunde herzförmig, vorn mit aufgesetzter Spitze.*

**Rubus tumidus** Gremli, Beitr. zur Fl. der Schweiz 20 (1870). — Focke Syn. VI. 489 (1902). — Fl.$_2$ II. 102 (1905).

Gugenhard bei Elgg.

*14.* Blättchen gross, lang und schmal zugespitzt, oberseits ohne Sternhaare. Schössling kahl oder sehr zerstreut, büschelhaarig, hin und wieder mit einzelnen Stieldrüsen.*

*18. Blättchen mit scharfer, nach vorn etwas ungleicher, zum Teil doppelter Zahnung. Endblättchen herzeiförmig.*

**Rubus abietum** Rob. Keller, in Mitteilg. d. nat. Gesell. Winterthur VI. 176 (1906). — Fl.$_3$ I. 276 (1909).

Die Blättchen verhalten sich bezüglich der Zahnung etwas ungleich, zum Teil ungleich und ziemlich grob gezähnt, wie jene von *R. thyrsanthus,* zum Teil aber auch, vor allem an den Blättern der Blütenstandachse, nach vorn zu mit seichten, ausgeschweiften Einbuchtungen wie bei *R. phyllostachys.* Nach erneutem Studium dieser Art scheint es mir nun naturgemäss in ihr nicht eine Parallelform zu *R. Gelertii* zu sehen, sondern eine dem *R. phyllostachys* unterzuordnende Form, in ihrer Drüsigkeit der var. *adenophora* Rob. Keller ähnlich, aber drüsenreicher als diese und in der Gestalt der Blättchen *R. thyrsanthus* und *R. phyllostachys* mit einander verbindend. — Tannwald bei Hünikon.

*18.* Blättchen grob — und unregelmässig —, vorn + eingeschnitten gezähnt. Endblättchen breit-eiförmig. Kronenblätter rundlich-verkehrt-eiförmig, rötlich. Fruchtknoten ziemlich stark behaart.*

**Rubus psiloclados** Rob. Keller, in Mitteilg. d. nat. Gesell. Winterthur VI. 186 (1906). — Fl.$_3$ I. 279 (1909).

Unterhalb Rossboden an der Hohen Rone. — Die Art, eine fruchtbare Mittelform der *Candicantes* und *Vestiti,* schliesst sich enger an *R. Mercieri,* als an eine Art aus der Vestitusgruppe an.

*13.* Blüthenstand ziemlich lang, nach oben verjüngt, oft über die Mitte durchblättert. Blättchen grob gezähnt. Endblättchen meist verkehrt-eiförmig, am Grunde schwach herzförmig ausgerandet. Blüten rosa.*

**Rubus Mercieri** Genev. Mém. Soc. Maine-et-Loire XXIV. 174 (1868). — Syn. VI. 494 (1902). — Fl.2 I. 254 und II. 102 (1905). — Fl.3 I. 254 (1909).

Haltenberg bei Eglisau. — Sanzenberg bei Weiach. — Bülacher Hard. — Birch ob Hünikon. — Schauenberg bei Elgg. — Allmann ob Gibswil. — Lettenholz ob Hinweil (Benz). — Thalwiler Wald.

*Hybride der Candicantes.*

**Rubus thyrsoideus** Wimmer × **R. caesius** L.

Bahholz zwischen Bassersdorf und Kloten.

**Rubus candicans** W. × **R. caesius** L. Vergl. Focke, Syn. VI. 490 (1902).

Eichbühl zwischen Seen und Räterschen. — Im Brand zwischen Illnau und Effretikon eine aller Wahrscheinlichkeit nach hierher gehörige Form.

**Rubus thyrsoideus** Wimmer × **R. tomentosus** Borkh.

Brühlbachtobel bei Kyburg.

**Rubus thyrsanthus** Focke × **R. tomentosus** Borkh.

Bähntal bei Kollbrunn.

**Rubus candicans** Weihe × **R. tomentosus** Borkh. Syn. VI. 497 (1902).

Zwischen Effretikon und Dietlikon, an der Bahnlinie bei der Kiesausgrabung. — Unterhalb Eschikon gegen Kemptthal.

*7.* Schössling bogig oder liegend, meist ± dicht behaart.*

*19.* (Vergl. *19**. S. 383.) *Schössling stieldrüsenlos oder mit ± zahlreichen Stieldrüsen, aber ohne oder mit vereinzelten langen Drüsenborsten.*

*20.* (Vergl. *20.** S. 373.) *Stieldrüsen und Stachelborsten am Schössling fehlend oder sehr zerstreut (selten reichlichere Stieldrüsen var. des R. tomentosus).*

*21.* (Vergl. *21.** S. 362.) *Schössling locker, sehr selten (gewisse Abänderungen des R. tomentosus) dicht behaart, im Alter oft fast kahl. Blättchen unterseits behaart, oft filzig.*

*22.* (Vergl. *22.** S. 356.) *Blättchen beiderseits, oberseits bisweilen locker, sternhaarig. Blattstiel deutlich rinnig. Stieldrüsen vorhanden. Fruchtknoten kahl.*

d) **Tomentosi.**

**Rubus tomentosus** Borkhausen, in Röm. Mag. bot. I. 2 (1794). — Syn. VI. 495 (1902). — Fl.2 I. 255 u. II. 103 (1905). — Fl.3 I. 277 (1909).

**Var. canescens** Wirtgen in Focke Syn. Rub. Germ. 229 (1877). — Syn. VI. 496 (1902). — Fl.$_2$ II. 103 (1905).

Bülacher Hard. — Adenberg bei Rafz. — Stoffel ob Bliggenswil bei Bauma. — Zwischen Illnau und Fehraltorf.

**Rubus tomentosus** Borkh.

**Var. cinereus** (Reichenbach) Focke in Syn. VI. 496 (1902). — Fl.$_2$ II. 103 (1905).

Adenberg bei Rafz, in einer Übergangsform zu *var. canescens*. — Emperg bei Raat. — Storchenegg im Tösstal. — Effretikon bei der Kiesgrube an der Zürcher Eisenbahnlinie. — Zwischen Effretikon und Baltenswil.

**Rubus tomentosus** Borkh.

**Var. glabratus** Godr. in Monogr. Rub. Nancy 27 (1843). — Syn. VI. 496 (1902). — Fl.$_2$ II. 103 (1905).

Sanzenberg bei Weiach. — Bäschlikon ob Weiach. — Hasli bei Zweidlen. — Bülacher Hard, an der Bahnlinie nach Glattfelden. — Kohlfirst vor Wildensbuch gegen Trüllikon. — Tannlibüel ob Bauma. — Brandholz bei Bauma. — Sennhof-Hulftegg. — Rappengubel ob Steg. — Kahlenbuchegg bei Huggenberg. — Waldrand gegen Schlatt, auf der Höhe des Schauenberges. — Gugenhard bei Elgg. — Brühlbachtobel bei Kyburg. — Eschenberg bei Winterthur, zwischen Bruderhaus und Eschenbergerhof. — Kiesgrube an der Eisenbahnlinie Effretikon-Dietlikon. — Zwischen Baltenswil und Effretikon. — Altberg ob Dällikon. — Strassenbord beim Ghangetwies-Dürnten (Benz).

**Rubus tomentosus** Borkh.

**Var. meridionalis** Kerner in Focke Syn. Rub. Germ. 226 (1877). — Syn. VI. 496 (1902).

Itlisberg bei Rafz.

**Rubus tomentosus** Borkh.

**Var. setoso-glandulosus** Wirtg. in Focke Syn. Germ. 229 (1877). — Syn. VI. 469 (1902). — Fl.$_2$ II. 103 (1905).

Adenberg bei Rafz. — Lotten bei Zweidlen. — Laubberg ob Eglisau. — Storchenegg im Tösstal. — Weg vom Stoffel zum Rosinli. — Schauberg gegen Schlatt. — Bähntal bei Kollbrunn. — Brühlbachtobel bei Kyburg. — Eschenberg bei Winterthur. — Zwischen Illnau und Fehraltorf.

**Rubus tomentosus** Borkh.

**Var. villicaulis** Gremli in Exc.fl. 6. Aufl. 142 (1889). — Fl.$_2$ II. 103 (1905).

Hulftegg-Sennhof. — Lobenstall ob Seelmatten. — Bähntal bei Kollbrunn.

**Rubus tomentosus** Borkh.

**Var. villosus** Rob. Keller in Mitteilg. der nat. Gesell. Winterthur VI. 177 (1906).

Zwischen Bülach und Glattfelden.

*Hybride der Tomentosi.*

Rubus tomentosus Borkh. × R. sulcatus Vest (Vergl. S. 347.)
Rubus tomentosus Borkh. × R. thyrsoideus Wimmer (Vergl. S. 352.)
Rubus tomentosus Borkh. × R. candicans W. (Vergl. S. 352.)
Rubus tomentosus Borkh. × R. thyrsanthus Focke (Vergl. S. 352.)
Rubus tomentosus Borkh. × R. chnoostachys P. J. M. (Vergl. S. 359.)

**Rubus tomentosus** Borkh. × **R. bifrons** Vest Syn. VI. 497 (1902). — Fl. 2 II. 111 (1905).

Vogelsang bei Eglisau. — Hintere Risistrasse auf dem Gugenhard bei Elgg. — Brunnenstrasse auf dem Gugenhard. — Zwischen Huggenberg und Elgg. — Heurüti ob Elgg. — Grüt bei Dynhard (oder *R. t.* × *R. macrostemon?*) — Brühlbachtobel bei Kyburg. — Wolfensberg bei Winterthur. — Brühlberg bei Winterthur. — Lindberg bei Winterthur. — Eschenberg bei Winterthur, an der Querstrasse vom Vogelsang zur Bruderhausstrasse. — Winterberger Steig ob Kemptthal.

**Rubus bifrons** Vest × **R. caesius** L. × **R. tomentosus** Borkh. (?) in Bull. Herb. Boiss. 2me série IV. 432 (1904).

*R. caesius* × *R. tomentosus,* bei uns ein sehr verbreiteter Bastard, ist nicht selten durch auffallende Fruchtbarkeit ausgezeichnet, so dass er sich mit anderen Arten zu kreuzen vermag. — Dettenberg bei Bülach. — Winterberger Steig. — Ob dem Haldengut bei Winterthur.

**Rubus tomentosus** Borkh. × **R. macrostemon** Focke, Syn. VI. 497 (1902). — Fl. 2 II. 111 (1905).

Bolsterenbuck bei Kollbrunn. — Eschenberg bei Winterthur; im Vogelsang bei Winterthur; hier auch eine Form, zu der Focke schrieb, kaum verschieden von kleinen Formen des *R. macrostemon.* Da indessen auf den obersten Blättern des Blütenstandes Sternhaare vorkommen, ist diese Form aus einer Kreuzung mit *R. tomentosus* hervorgegangen. — Brühlberg bei Winterthur. — Winterberger Steig bei Kemptthal.

**Robus tomentosus** Borkh. × **R. vestitus** W. u. N. Syn. VI. 498 (1902). — Fl.$_2$ II. 111 (1905).

Der im Gebiet verbreitete *R. chnoostachys* P. J. Müller ist, wie Focke durch Kulturversuche nachwies, unzweifelhaft ein Abkömmling dieser Kreuzung. Bei der Abgrenzung gegen den Bastarden lassen wir uns wesentlich nur vom Grade der Fruchtbarkeit und der Ausbildung normalen Pollens leiten. — Bülacher Hard. — Riesberg bei Hünikon. — Tannwald ob Hünikon. — Schneitberger Hof bei Elgg. — Gugenhard bei Elgg, an der Brunnenstrasse. — Heurüti bei Elgg. — Schauenberg ob Elgg. — Ob Schlatt am Schauenberg. — Eschenberg bei Winterthur, an der Strasse vom Vogelsang zur Bruderhausstrasse. — Lindberg bei Winterthur, beim Pfauendenkmal.. — Kiesgruben ausserhalb Effretikon an der Linie nach Dietlikon. — Ob Reitenbach bei Fehraltorf. — Thalwiler Wald.

**Rubus tomentosus** Borkh. × **R. bregutiensis** Kerner (?).

Zwischen Hüntwangen und Eglisau.

**Rubus caesius** L. × **R. tomentosus** Borkh. Syn. VI. 498 (1902). — Fl.$_2$ 111 (1905).

Waldrand bei Wasterkingen. — Abenberg bei Rafz. — Vogelsang bei Eglisau. — Dettenberg bei Bülach. — Kellerrüti am Rheinsberg unterhalb Rorbas. — Hochwacht am Kohlfirst bei Wildensbuch. — Wald ob Adlikon. — Hattenberg bei Trüllikon. — Zwischen Marthalen und Trüllikon. — Andelfingen ob der Station. — Allenwinden am Hörnli. — Storchenegg am Hörnli. — Hüttkopf. — Ob Seelmatten gegen Huggenberg. — Lobenstein ob Seelmatten *(R. c. × R. t. var. villicaulis)*. — Zwischen Elgg und Huggenberg. Schauenberg am Waldrand gegen Schlatt. — Elgg am Schneitberg. — Gugenhard bei Elgg. — Zwischen Kyburg und Kemptthal. — Schwerzirain bei Hettlingen. — Am Brühlberg bei Winterthur. — Beerenberg bei Pfungen. — Zwischen Eschikon und Kemptthal. — Kiesplatz, zwischen Effretikon und Baltenswil *(R. c. × R. t. var. glabratus* und *R. c. × R. t. var. villicaulis)*. — Zwischen Dietlikon und Kloten. — Brahholz, zwischen Kloten und Bassersdorf. — Kiesgrube am Walde zwischen Fehraltorf und Dübendorf. — Rütiholz, zwischen Gutetswil und Volketswil. — Altberg ob Dällikon *(R. c. × R. t. var. villicaulis)*. — Wald ob Atlikon bei Regensdorf. — Sagetobel am Zürichberg, an der Strasse nach Dübendorf. — Beim Kirchhof Thalwil. — Homberg ob Rifferswil.

*22.** (Vergl. auch *22***. S. 359.) *Blättchen oberseits kahl oder zerstreut behaart, selten (R. chnoostachys) mit einzelnen*

*Sternhaaren, unterseits ± weiss filzig. Stieldrüsen am Schössling fehlend, im Blütenstand fehlend oder ± zahlreich. Blattstiele oberseits flach. Fruchtknoten zottig oder filzig behaart.*

### e) **Discolores.**

*23. Blätter 3zählig oder fussförmig 5zählig, unterseits dicht sternhaarig, weissfilzig, auch am Schatten nicht verblassend. Endblättchen verkehrt-eiförmig. Schösslingsstacheln gerade. Blütenstandachse dicht abstehend behaart, mit schlanken, geraden Stacheln bewehrt. Kronenblätter rosa.*

**Rubus bifrons** Vest in Tratt. Ros. Monogr. III. 28 (1823—1824). — Syn. VI. 505 (1902). — Fl.$_2$ I. 254 und II. 102 (1905). — Fl.$_3$ I. 277 (1909).

Edelmann bei Wasterkingen. — Adenberg bei Rafz, eine im Blütenstand stieldrüsenführende Form (*R. decipiens* P. J. Müller) *f. decipiens*. — Im Walde bei Wasterkingen gegen das Vogelsang. — Eglisau (eine *f. umbrosa* neben typischen Ausbildungen). — Vogelsang, Eglisau (auch die *f. decipiens*). — Ob Hüntwangen. — Im Hard bei Zweidlen *(f. decipiens)*. — Hasli bei Zweidlen am Rhein. — Vogelsang bei Eglisau. — Hiltenberg ob der Station Eglisau. — Bülacher Hard. — Dettenberg bei Bülach *(f. decipiens)*. — Rheinsberg unterhalb Bülach. — Stammheimerberg. — Kohlfirst. — Zwischen Andelfingen und Marthalen. — Adlikon. — Hausersee bei Ossingen. — Schneitberg bei Andelfingen. — Schwerzi bei Hettlingen. — Hünikon. — Brandholz ob Bauma. — Stoffel ob Bleicherswil *(f. decipiens)*. — Lettenhölzchen ob Hinwil (Benz). — Wernetshausen (Benz). — Gugenhard bei Elgg. — Huggenberg ob Elgg. — Schneitberg bei Elgg. — Heurüti am Schauenberg. — Hellbachtobel bei Weisslingen *(f. umbrosa)*. — Auf dem Plateau zwischen Kyburg und Kemptthal. — Eichbühl bei Seen. — Lindberg bei Winterthur; hier auch eine *f. depauperata*, die einen stark gelockerten, aber samtartig glänzenden Haarfilz besitzt, zudem im Blütenstand dem *R. decipiens* P. J. M. ähnlich viele Stieldrüsen hat. — Eschenberg, im Vogelsang bei Winterthur. — Tösserberg bei Winterthur. — Wolfensberg zwischen Veltheim und Wülflingen. — Veltheimerberg zwischen Veltheim und Ohringen. — Rosenberg bei Veltheim. — Beerenberg bei Pfungen. — Effretikon ob den Weinbergen gegen Illnau; in dem kleinen Waldschlag ob der Station; an der Zürcherlinie bei der Abzweigung der Linie Kloten. — Hohenasp zwischen Breite und Lindau. — Hell bei Brütten. — Zwischen Illnau und Fehraltorf. — Zwischen Kyburg und Kemptthal,

eine im Blütenstand stieldrüsenführende Form. — Bassersdorf an der Ratzenhalde. — Bahholz zwischen Bassersdorf und Kloten. — Käferberg bei Oerlikon. — Emperg bei Raat. — Altberg Dällikon. — Zürichberg ob Schwamendingen. — Dübendorf (Meister.) — — Mettmenstetten (gegen *R. decipiens* P. J. M.). — Hornberg bei Rifferswil (Abänderung gegen *R. decipiens* P. J. M.).

*23.* Blätter unterseits mit lockerem, im Alter und am Schatten verblassendem Filz. Stacheln des Blütenstandes hakig gekrümmt.*

*24.* (Vergl. *24**. S. 357.) *Stieldrüsen im Blütenstand fehlend. Kräftige Pflanze mit meist 5zählig gefingerten, oberseits spärlich striegelhaarigen Blättern.*

*25.* (Vergl. *25.** S. 357.) *Schössling scharfkantig, gefurcht. Endblättchen elliptisch oder fast kreisförmig, kurz zugespitzt. Der obere blattlose Teil des Blütenstandes gedrungen.*

*26. Endblättchen elliptisch. Kronenblätter meist rosa.*

**Rubus macrostemon** Focke in Syn. Rub. Germ. 193 (1877). — Syn. VI. 508 (1902). — Fl.$_2$ II. 103 (1905).

Auf dem Föhrenbuck bei Hüntwangen. — Vogelsang bei Eglisau. — Zwischen Neftenbach und Hünikon. — Heurüti ob Elgg. — Kuchiholz, zwischen Elgg und Seelmatten. — Kyburger Rain. — Lindberg bei Winterthur, am nördlichen Horizontalweg wetswärts vom Reutlinger Fussweg. — Multberg, zwischen Wülflingen und Pfungen. — Altberg ob Dänikon. — Altberg, unterhalb vom Aussichtsturm. — Wald ob Adlikon. — Schnabel.

*26.* Endblättchen breiter, fast kreisförmig, sehr kurz zugespitzt. Blüten weiss, seltener blassrosa.*

**Rubus dynatos** Focke, Syn. VI. 509 (1902).

Kohlfirst bei Wildensbuch.

*25.* Schössling (in der Mitte) mit leicht gewölbten oder ebenen Flächen. Endblättchen breit-elliptisch oder eiförmig, plötzlich in eine lange, schmale Spitze ausgezogen. Blütenstand auch im blattlosen Teil locker, nach oben verjüngt. Kronenblätter meist rosa.*

**Rubus Godronii** Lecoq. u. Lam. Cat. rais. Pl. centr. 151 (1847). — Syn. VI. 509 (1902). — Fl.$_2$ II. 103 (1905).

Adenberg bei Rafz. — Im Eichbühl, zwischen Räterschen und Seen.

*24.* Stieldrüsen im Blütenstand vorhanden.*

*27. Schössling fast kahl. Blätter gross, fussförmig 5zählig, unterseits flaumig behaart, mattgrün, in der Jugend weissschimmernd. Endblättchen schmal-elliptisch bis herzeiförmig, kurz zugespitzt. Blütenstandachse abstehend behaart. Blüten gross, rosa. Blütenstand umfangreich, verjüngt.*

**Rubus Banningii** Focke, Syn. Rub. Germ. 262 (1877). — Syn. VI. 511 (1902). — Fl.2 II. 103 (1905).

Affoltern bei Regensdorf.

*27.* Schössling ziemlich dicht, fast zottig behaart. Blätter unterseits weisshaarig, filzig. Endblättchen breit-eiförmig, am Grunde herzförmig, meist ziemlich lang zugespitzt. Blütenstandachse dicht filzigzottig. Stacheln spärlich, schwach. Kronenblätter weiss oder blassrosa.*

**Rubus chnoostachys** P. J. Müller und Wirtg., Hb. Rub. Rhen. ed. I. 170. — Syn. VI. 512 (1902). — Fl.2 II. 103 (1905).

Itlisberg bei Rafz. — Adenberg bei Rafz. — Bülacher Hard, an der Bahnlinie von Bülach nach Glattfelden. — Noll bei Dachsen. — Aurüti am Hüttkopf. — Gugenhard bei Elgg, an der Risistrasse häufig. — Schneitberg bei Elgg. — Dättenberg bei Elgg. — Bliggerswil ob Bauma, am Stoffel. — Stoffel ob Hof. — Altegg. — Obertal bei Bauma. — Lindberg bei Winterthur, am Weg nach Reutlingen. — Eschenberger Hof bei Winterthur. — Eschenberg bei Winterthur, am Waldrand ob dem Vogelsang. — Effretikon, nahe an der Abgangsstelle der Linie nach Kloten. — Ob Reitenbach bei Fehraltorf, ziemlich häufig. — Zwischen Illnau und Fehraltorf. — Mesiker Holz ob Fehraltorf. — Rütiwald, zwischen Guntenswil und Volketswil. — Im Hard bei Bassersdorf. — Ratzenhalde bei Bassersdorf. — Im Hard gegen Looren bei Dietlikon. — Eine grössere Kolonie fruchtbarer Abkömmlinge des *R. vestitus* × *R. tomentosus*, die grosse Ähnlichkeit mit *R. Mercieri* hat, am Waldrand ob der Station Horgen-Oberdorf.

*Hybride der Discolores.*

Rubus bifrons Vest × R. sulcatus Vest (Vergl. S. 347.)

Rubus bifrons Vest × R. tomentosus Borkh. (Vergl. S. 344.)

Rubus bifrons Vest × R. tomentosus Borkh. × R. caesius L. (Vergl. S. 354.)

R. macrostemon W. u. N. × R. tomentosus Borkh. (Vergl. S. 354.)

**Rubus bifrons** Vest × **R. vestitus** W. u. N., Syn. VI. 506 (1902). — Fl.2 II. 111 (1905).

Allenwinden am Hörnli. — Ratzenhalde bei Bassersdorf.

**Rubus rheni** Rob. Keller in Bull. Herb. Boiss. 2me série, VI. 343 (1904) = **Rubus bifrons** Vest × **R. bregutiensis** Kerner (?).

Zweidlen.

**Rubus bifrons** Vest × **R. rudis** W. u. N., Fl.2 II. 111 (1905).

Einige von Gremli, Favrat und ursprünglich auch von mir als nicht sehr typisch ausgebildeter *R. Radula* bezeichnete Spezimen dürften, wie auch Focke annimmt, vielleicht hier zu ziehen sein. Strasse nach Schlatt. — Brühlbachtobel bei Kyburg. — Eschenberg bei Winterthur. — Veltheimer Berg, im Steinbruch ob dem Rosenberg. — Zwischen Effretikon und Bassersdorf. — Zwischen Regensdorf und Affoltern.

**Rubus bifrons** Vest × **R. caesius** L., Syn. VI. 506 (1902). — Fl.2 II. 111 (1905).

Talheim. — Rickenbach. — Schwerzi bei Hettlingen. — Brahalde bei Zünikon. — Elgg. — Kyburger Schlosshalde. — Im Brand bei der Kiesgrube vor Fehraltorf, in ziemlich gut fruchtender Form.

**Rubus macrostemon** W. u. N. × **R. caesius** L., Syn. VI. 510 (1902). — Fl.2 II. 111 (1905).

Stammheimerberg. — Von hier auch eine auffallend fruchtbare Kreuzung; der ähnliche *R. caesius* × *R. macrophyllus* kann wohl nicht in Frage kommen, da hier, soweit meine Beobachtungen gehen, *R. macrophyllus* nicht vorkommt. — Weinberge ob Rickenbach. — Ob dem Weinberg im Grüt bei Dynhard. — Ratzenhalde bei Bassersdorf.

**Rubus chnoostachys** P. J. M. × **R. tomentosus** Borkh.

Schauenberg gegen Schlatt.

**Rubus chnoostachys** P. J. Müller × **R. Gremlii** Focke in Mitteilungen der nat. Gesellsch. Winterthur VI. 179 (1906).

Adenberg bei Rafz, unter den Stammarten.

**Rubus chnoostachys** P. J. Müller × **R. caesius** L. in Mitteilg. der nat. Gesellsch. Winterthur VI. 180 (1906).

Adenberg bei Rafz. — Bülacher Hard. — Noll bei Dachsen. — Kohlfirst ob Uhwiesen. — Schneitberg bei Elgg. — Eggistrasse, am Weg von Bauma zum Allmann. — Brandholz ob Bauma.

22.** *Blättchen oberseits striegelhaarig, unterseits grün oder graugrün, in der Jugend zuweilen weissfilzig.*

28. (Vergl. 28.* S. 351.) *Blütenstand ohne oder nur mit meist spärlichen Stieldrüsen. Blättchen mit mässig tiefer bis grober Zahnung.*

### f) Silvatici.

*29. Schössling lang (im Gebüsch kletternd), kräftig; Stacheln breit aufsitzend, nahe dem Grunde klein, sonst mässig kräftig. Blätter gross, 5zählig, grob und nach vorn ungleich gesägt, in der Jugend unterseits weichhaarig, graufilzig, später grünlich (oder var. discolor in der Jugend weissfilzig, später graugrün). Endblättchen elliptisch oder fast rechteckig, am Grunde herzförmig, vorn zugespitzt. Blütenstand meist sehr entwickelt, mit entfernten Seitenästchen beginnend.*

**Rubus macrophyllus** W. u. N. in Rub. Germ. 35 t. XII. (1825). — Syn. VI. 521 (1902). — Fl.$_2$ I. 255 und II. 103 (1905). — Fl.$_3$ I. 278 (1909).

Riesberg bei Hünikon. — Gugenhard bei Elgg, an der hintern Risistrasse. — Lettenhölzchen ob Hinwil (Benz), eine gegen *var. discolor* abändernde Modifikation. — Kiesgrube am Brand vor Fehraltorf; die jüngsten Blätter sind discolor. — Zwischen Kloten und Dietikon. — Ratzenhalde bei Bassersdorf. — Im Unterholz bei Mettmenstetten.

**Var. discolor** Rob. Keller, in Bull. Herb. Boiss. 2$^{me}$ série, IV. 336 (1904).

Edelmann bei Wasterkingen. — Schneitberg bei Andelfingen. — Gugenhard bei Elgg, im Heidenbühl reichlich; hier auch mit etwas lockerer Behaarung und dann mit *eumacrophyllus* fast übereinstimmend. — An der Zürcher Bahnlinie, zwischen Effretikon und Baltenswil.

*29.* Schössling bald mit zerstreuten, bald mit zahlreichen Stieldrüsen. Blätter von mittlerer Grösse. Blättchen sehr ungleich, meist grob und scharf, vorn bisweilen eingeschnitten gesägt. Endblättchen eiförmig oder länglich-eiförmig, nach vorn allmählich lang zugespitzt. Blütenstand schmal, oberwärts meist blattlos, zerstreut nadelstachelig.*

*30. Blättchen unterseits grün.*

**Rubus Gremlii** Focke, Syn. Rub. Germ. 266 (1877). — Syn. VI. 524 (1902). — Fl.$_2$ I. 255 u. II. 103 (1905). — Fl.$_3$ I. 278 (1909).

Adenberg bei Rafz, am Waldrand vor Solgen. — Hochrüteli bei Rafz. — Bülacher Hard. — Ob Uhwiesen am Kohlfirst. — Am Stadtweg auf dem Kohlfirst. — Hochwacht am Kohlfirst. — Zwischen Rudolfingen und Wildensbuch. — Höhen südlich von Wildensbuch. — Am Kohlfirst bei Wildensbuch. — Hattenberg bei Trüllikon. —

Stammheimerberg. — Gugenhard bei Elgg. — Ob Grundhof bei Mörsburg. — Eggwald beim Ruchegg. — Wiesendangen (reichlich!). — Lindberg bei Winterthur, am Weg nach Reutlingen; am nördlichen Horizontalweg; an der Fahrstrasse zum Bäumli; beim Feuerweiher ob Oberwinterthur. — Plateau des Brühlberges bei Winterthur. — Im Walde ob Reitenbach bei Fehraltorf, sehr häufig. — Ob Affoltern im Amt, am Wege nach Paradies. — Die Angabe zwischen Affoltern und Dachelsen ist zu streichen.

*30.* Blättchen dick, unterseits graufilzig. Schössling und Blütenstand meist ziemlich reich an Stieldrüsen.*

**Rubus indotatus** Gremli in öst. bot. Zeitschr. 128 XXI. (1871). — Syn. VI. 525 (1902). — Fl.$_2$ II. 103 (1905).

Ob Reutlingen bei Winterthur.

*Hybride der Sylvatici.*

R. Gremlii Focke. × R. chnoostachys P. J. M. (Vergl. S. 349.)

*28.* Schössling mit pfriemlichen Stacheln. Blättchen feingesägt, unterseits meist graufilzig schimmernd. Blütenstand ± reichlich mit Stieldrüsen und schwachen, nadelförmigen Stacheln besetzt.*

### g) **Egregii.**

*31. Endblättchen elliptisch oder verkehrt-eiförmig. Blütenstand lang, nur am Grunde beblättert, sparrig, auch oberwärts locker. Fruchtkelch zurückgeschlagen. Kronenblätter lebhaft rosenrot.*

**Rubus cunctator** Focke, Syn. Rub. Germ. 281 (1877). — Syn. VI. 537 (1902). — Fl.$_2$ II. 256 u. II. 103 (1905). — Fl.$_3$ I. 278 (1909).

Am Schauenberg bei Elgg. — Eschenberger Hof bei Winterthur. — Effretikon bei Winterthur.

*31.* Endblättchen breit verkehrt-eiförmig, nahe der Spitze am breitesten. Blütenstand ziemlich lang, schmal, stark durchblättert, am Grunde mit aufrecht abstehenden, trugdoldigen Seitenästchen, zu oberst gedrungen. Fruchtkelch zurückgeschlagen. Kronenblätter weiss, mit rötlichem Anflug.*

**Rubus lochmaeus** Rob. Keller —

Schössling mässig kräftig, schwach bogig aufsteigend, kantig, mit ebenen oder sehr schwach gefurchten Flächen, ±, meist zerstreut behaart, drüsenlos. Stacheln unter sich fast gleich, schwach,

rückwärts geneigt oder leicht gebogen. Blätter 3zählig oder meist fussförmig 4zählig oder unvollständig 5zählig. Blattstiel schwachrinnig mit rückwärts gekrümmten Stacheln. Nebenblätter linealisch bis linealisch-lanzettlich, mit vereinzelten Stieldrüsen. Blättchen mittelgross (Endblättchen bis 8 cm lang und fast 7 cm breit), scharf aber nicht tief gezähnt, oberseits grün, zerstreut behaart, unterseits graugrün, auf der Fläche sternhaarig, an den Nerven striegelhaarig. Endblättchen breit verkehrt-eiförmig, nahe der Spitze am breitesten, am Grunde gestutzt, bisweilen leicht ausgerandet, vorn mit kurzer, aufgesetzter Spitze, 2—3mal länger als sein Stielchen. Blütenstand ziemlich lang, schmal, stark durchblättert, am Grunde mit aufrecht abstehenden, trugdoldigen Seitenästchen, zu oberst gedrungen, bald spitz, bald flach abschliessend. Achsen und Blütenstiele kurzhaarig, graufilzig, mit wenig zahlreichen, feinen, nadelförmigen Stacheln und spärlichen Stieldrüsen. Blätter der Blütenstandachse 3zählig, die oberen einfach. Nebenblätter und Blattstiele mit ± zahlreichen Stieldrüsen. Blättchen mit gröberer Zahnung als die Blättchen der Schösslinge. Kelchblätter auf dem Rücken weissfilzig, drüsenlos oder mit ganz vereinzelten im Filz verborgenen Drüsen. Kronenblätter breit verkehrt-eiförmig, weiss mit rötlichem Anflug. Staubblätter die Griffel überragend, am Grunde rosa. Fruchtknoten kahl. Früchte gut entwickelt, bis 20 Steinfrüchtchen. Steinchen im Umriss eiförmig, auf einer Seite abgeflacht. — Gebüsch (*lochmaios* zum Busch gehörig) am Fusse des Gugelhard bei Elgg. — Zu den Egregii gehörende Art, welche sich in ihren wichtigsten Eigenschaften gut zwischen *R. egregius* und *R. mucronatus* einfügt, die beide im Gebiete nicht nachgewiesen sind.

*21.* Schössling meist stark behaart, arm oder ziemlich reichlich mit Stieldrüsen besetzt. Blättchen unterseits wenigstens in der Jugend und am Lichte graugrün bis weissfilzig, durch abstehende Haare schimmernd, weich, sametartig anzufühlen.*

### h) **Vestiti.**

*32.* (Vergl. *32.** S. 364.) *Schössling mit zerstreuten Büschelhaaren, ausgewachsen fast kahl. Stieldrüsen spärlich. Blütenstand lang, schmal, nach oben kaum verjüngt, bisweilen bis zur Mitte durchblättert. (Fruchtbare Übergangsformen der echten Vestiti zu stieldrüsenlosen oder -armen Arten).*

*33.* (Vergl. *33.** S. 364.) *Endblättchen breit.*

*34.* (Vergl. *34.** S. 363.) *Oberste Blätter des Blütenstandes auf der Oberseite mit zerstreuten Sternhaaren.*

*35. Schössling fast aufrecht mit vereinzelten Stieldrüsen. Blätter 4—5zählig fussförmig, mit rinnigen, zerstreut stieldrüsigen Blattstielen. Endblättchen rundlich-eiförmig, am Grunde schwach herzförmig ausgerandet, nach vorn allmählich zugespitzt. Zahnung grob, nach vorn öfter eingeschnitten. Blütenstandachse zottig abstehend behaart, stieldrüsig, mit hakig gekrümmten Stacheln. Kelchblätter zurückgeschlagen. Kelchblätter rundlich-verkehrt-eiförmig, rosenrot. Fruchtknoten mit hinfälligem Haarschopf.*

**Rubus chnoostachyoides** Rob. Keller in Mitteilungen der nat. Gesellsch. Winterthur VI. 182 (1906).

Eggistrasse ob Bauma.

*35.* Schössling bogig, mit ziemlich schwachen Stacheln und spärlichen Stieldrüsen. Blätter 3zählig gefingert oder fussförmig 5zählig. Endblättchen verkehrt-eiförmig, am Grunde abgerundet, vorn lang zugespitzt. Zahnung wenig tief, scharf. Blütenstandachse zottig behaart. Stieldrüsen ziemlich zahlreich, kürzer als die Haare. Stacheln gerade, nadelförmig. Kelchblätter zurückgeschlagen. Fruchtknoten behaart.*

**Rubus vitodurensis** Rob. Keller in Bull. de l'Herbier Boissier 2me série IV. 341 (1904).

Eichbühl ob Seen.

*34.* Schössling mit mässig kräftigen, seitlich zusammengedrückten, leicht gebogenen Stacheln, Stieldrüsen vereinzelt. Laubblätter langgestielt, 3zählig oder 4 und 5zählig, fussförmig. Blattstiel zerstreut stieldrüsig. Blättchen unterseits graugrün, schwach schimmernd, mit etwas ungleicher, wenig tiefer Zahnung. Endblättchen breit-elliptisch bis rautenförmig, kurz und breit zugespitzt. Blütenstandachse kurzhaarig filzig, mit spärlichen abstehenden Haaren, spärlichen Stieldrüsen, spärlichen, fast nadelförmigen Stacheln. Blätter oberseits ohne Sternhaare. Blütenstiele ziemlich reich an Stieldrüsen. Kelchblätter zurückgeschlagen, Kronenblätter rosa, Fruchtknoten kahl.*

**Rubus hypodasys** Rob. Keller in Mitteilg. der nat. Gesellsch. Winterthur VI. 173 (1906).

Die Pflanze hat grosse Ähnlichkeit mit *R. conspicuus*. Als Mittelform zwischen den *Vestiti* und den *Suberecti* erschien sie mir wegen der fast fehlenden Behaarung der aufrechten Schösslinge, der fast fehlenden Bestachelung der Blütenstandachsen. Die Zahnung

der Blättchen ist ziemlich grob, nach vorn selbst etwas eingeschnitten, jener des *R. phyllostachys* ähnlich, die Blättchen sind bald elliptisch, bald verkehrt-eiförmig. — Heute neige ich nach erneuter Untersuchung der Pflanze zur Ansicht, dass sie wohl eher als eine dem *R. conspicuus* sich anschliessende Unterart aufzufassen sei, in einem Teil der Merkmale wie der sehr zarten, grossflächigen Belaubung eine Standortmodifikation. Die so auffallend spärliche Entwicklung der Haare des Schösslings ist wahrscheinlich auch eine Folge des schattigen Standortes. — Kohlfirst ob Uhwiesen, in dem Hohlweg.

*33.* Schössling kantig, mit gefurchten Flächen, aufsteigend. Blätter fussförmig oder fingerförmig 5zählig. Endblättchen elliptisch oder eiförmig, allmählich lang zugespitzt. Zahnung grob, ungleichmässig. Blütenstandachse oben ± dicht abstehend behaart, mit nadelförmigen Stacheln und spärlichen Stieldrüsen. Kelchblätter zurückgeschlagen. Kronenblätter gross, verkehrt-eiförmig, rosenrot. Fruchtknoten an der Spitze zottig behaart.*

**Rubus wildensbuchiae** Rob. Keller in Mitteilg. der nat. Gesellsch. Winterthur VI. 187 (1906). — Fl. s I. 279 (1909).

Wohl am besten ähnlich *R. venustus* Favrat als Unterart in den Formenkreis des *R. macrothyrsos* J. Lange einzureihen. Die schwache Behaarung des Schösslings dürfte ein Standorteinfluss sein. — Zwischen Rudolfingen und Wildensbuch.

*32.* Schössling dicht verworren oder zottig behaart (nur an den älteren Teilen bisweilen ± verkahlend). Stieldrüsen ± zahlreich, selten fehlend. Blütenstand stets mit Stieldrüsen.*

*35.* (Vergl. *35.** S. 367.) *Bestachelung des Schösslings gleichförmig. Stieldrüsen bisweilen fast oder völlig fehlend. Drüsen und Stachelborsten fehlend.*

*36.* (Vergl. *36.** S. 366.) *Kelchblätter nach der Blüte zurückgeschlagen.*

*37.* (Vergl. *37**. S. 366.) *Endblättchen breit-elliptisch bis fast kreisrund.*

*38. Schössling stieldrüsenreich, auf den Kanten mit mässig kräftigen, leicht gebogenen Stacheln. Blätter fussförmig 5zählig mit rinnigen, krummstachelig bewehrten, stieldrüsigen Blattstielen. Endblättchen verkehrt-eiförmig, elliptisch oder abgerundet rechteckig, herzfömig, kurz zugespitzt, fast grob gezahnt, Seitenblättchen kaum kleiner. Blütenstand pyramidenförmig. Oberste Blätter oberseits reich an Sternhaaren. Kronenblätter rötlich. Fruchtknoten zottig behaart.*

**Rubus isophorus** Rob. Keller in Mitteilg. der nat. Gesellsch. Winterthur VI. 184 (1906).

Schneitberg bei Elgg. — Eine *R. vestitus* mit *R. tomentosus* verbindende, gut fruchtende Zwischenart.

*38.* Blätter oberseits ohne Sternhaare.*

*39.* (Vergl. *39.** S. 366.) *Stacheln am Grunde des Blütenstandes lang, kräftig.*

*40. Blättchen ziemlich klein und scharf gesägt, unterseits durch Sternhaare und lange, abstehende Haare, weich sametartig, weiss- oder graufilzig. Endblättchen kreisrund oder breitelliptisch. Blütenstand lang, nicht verjüngt, oben dicht. Kelchblätter zurückgeschlagen. Kronenblätter weiss oder rot.*

**Rubus vestitus** W. u. N., in Bluff. u. Fingerh. Comp. Fl. Germ. I. 684 (1825). — Syn. VI. 547 (1902). — Fl.$_2$ I. 256, II. 103 (1905). — Fl.$_3$ I. 279 (1909).

Itlisberg bei Rafz. — Hochrüteli bei Rafz. — Sanzenberg bei Weiach. — Bächlikon ob Weiach. — Emperg bei Raat. — Zweidlen. — Ob Hasli bei Zweidlen. — Im Walde ob Hüntwangen. — Zwischen Wasterkingen und Vogelsang bei Eglisau. — Vogelsang bei Eglisau. — Im Walde ob Adlikon. — Stammheimerberg. — Riesberg bei Hünikon. — Eggistrasse bei Bauma. — Bliggenswil ob Bauma. — Auf der Höhe des Schauenberges, typisch und in drüsenarmen Modifikationen. — Waldrand gegen Schlatt. — Kuchiholz bei Seelmatten, auch in sehr drüsenarmen Formen. — Zwischen Elgg und Huggenberg beim Reservoir. — Neuweid ob Oberhof. — Turbental, eine in Form der Behaarung dem *R. conspicuus* sich nähernde, durch ovale, gröber gezähnte Blättchen und schwächere Stacheln ausgezeichnete Abänderung. — Gugenhard bei Elgg. — Reutlingen-Stadel, ob den Weinbergen im Steinbruch, ähnlich wie von Neuweid. — Eschenberg bei Winterthur, am Waldrand ob dem Vogelsang. — An der Strasse zum Eschenbergerhof. — Lindberg bei Winterthur, im Tössertobel; beim Bäumli; ob Reutlingen; am Walkeweiher. — Brühlberg bei Winterthur. — Wolfensberg, zwischen Veltheim und Wülflingen. — Winterbergersteig bei Kemptthal. — Rappenhalde, zwischen Effretikon und Illnau. — Eichengrie bei Effretikon, von beiden Orten typisch und in der Abänderung von Neuweid. — Hohenasp, zwischen Breite und Lindau. — Am Sonder ob Affoltern. — Altberg ob Dällikon. — Ob Schwamendingen am Zürichberg. — Unterholz bei Mettmenstetten.

*40.* Schössling kurzhaarig filzig, mit kräftigen Stacheln, oft ohne Stieldrüsen. Blättchen unterseits durch angedrückte Sternhaare weissfilzig, kaum sametartig anzufühlen. Endblättchen breit. Blütenstandachse kurzhaarig filzig. Blüten gross, rot.*

**Rubus conspicuus** P. J. Müller, Flora XLII. 71 (1859). — Syn. 548 VI. (1902). — Fl.$_2$ II. 103 (1905).

Vogelsang bei Eglisau. — Brühlbachtobel bei Sennhof-Kyburg. — Bäumli auf dem Lindberg bei Winterthur. — Höngger Wald.

*39.* Stacheln auch unterhalb des Blütenstandes schwach.*

*41. Blättchen grob-, nach vorn ungleich sägezähnig. Endblättchen eiförmig oder elliptisch, lang zugespitzt. Blütenstand nach oben verjüngt, kleinstachelig.*

**Rubus dasyclados** Kerner, Nov. pl. spec. III. 38 (1871). — Syn. VI. 547. — Fl.$_2$ II. 103.

Adenberg bei Rafz; Form mit der dichten Behaarung des *R. vestitus*, dem ausgebreiteten Blütenstand dieser Art, aber mit den verschmälerten und lang zugespitzten Endblättchen des Kernerschen Typus und der schwachen Bestachelung der Blütenstandachse. Vom gleichen Standort auch schwächer behaarte Modifikationen mit feiner Zahnung und schmalen Blütenständen. — Aspi ob Nussbaumen bei Bülach, Form mit schwacher Behaarung der Achsen und feiner Zahnung der Blättchen. — Dettenberg ob Bülach. — Irchel, an der Strasse vom Schloss Teufen zu dem Nagelfluhsteinbruch. — Stoffel, am Rossried, eine zwischen *R. dasyclados* und *R. vestitus* fast genau intermediäre Form. — Homberg bei Rifferswil.

*41.* Zahnung scharf, etwas ungleich, wenig tief. Endblättchen breit-oval, am Grunde schwach herzförmig ausgerandet, vorn lang zugespitzt. Blütenstand lang, nach oben kaum verjüngt, im unteren Teil durchblättert.*

**Rubus altbergensis** Rob. Keller in Bull. de l'Herb. Boiss. 2$^{me}$ série 339 (1904).

Altberg ob Dällikon.

*37.* Blättchen fein und scharf gesägt, unterseits dicht kurzhaarig, hellgrün. Endblättchen am Grunde gestutzt, verkehrt-eiförmig, allmählich zugespitzt, an den 5zähligen Blättern ziemlich schmal, länglich. Blütenstand lang und schmal, durchblättert. Blüten gross, lebhaft rosa.*

**Rubus festivus** P. J. Müller und Wirtgen, Herb. Rub. Rhen. ed. I. 138 (1861). — Syn. VI. 552 (1902). — Fl.$_2$ II. 104 (1905).

Nach Gremli in der Ostschweiz.

*36.* Schössling niedrig bogig, zottig behaart, mit zahlreichen, geraden, am Grunde wenig verbreiterten Stacheln. Endblättchen breit-rhombisch bis fast kreisförmig, am Grunde*

*herzförmig, vorn breit zugespitzt. Blütenstandachse zottig behaart, drüsenarm, mit zahlreichen nadelförmigen Stacheln. Blütenstand nach oben verjüngt. Kelchblätter nach dem Verblühen aufgerichtet. Fruchtknoten kahl.*

**Rubus propinquus** Rob. Keller in Bull. de l'Herb. Boiss. 2me série IV. 340 (1902).

Kuchiholz, zwischen Seelmatten und Elgg.

*35.* Bestachelung des Schösslings etwas ungleich, neben den kräftigeren Stacheln ± zahlreiche Stachelborsten, Drüsenborsten und Stieldrüsen. Pflanzen zum Teil in der Tracht, namentlich aber durch die Bestachelung und Drüsigkeit an die Glandulosi erinnernd.*

*42.* (Vergl. *42.** S. 368.) *Stachelborsten und Stieldrüsen viel schwächer als die Stacheln, wenig ungleich. Blüten lebhaft rosa.* (Vergl. auch *43* und *43**.)

**Rubus obscurus** Kaltenbach, Fl. Aach. Beck. 281 (1845). — Syn. VI. 552 (1907). — Fl.$_2$ I. 256 und II. 104 (1905). — Fl.$_3$ I. 280 (1909).

Eggistrasse ob Bauma, eine namentlich durch die kurzen Staubblätter abweichende Form [*var. brachystemon* Rob. Keller in Mitteilg. der nat. Gesellsch. Winterthur VI. 188 (1906)]. — Heurüti am Schauberg. — Eschenbergerhof bei Winterthur, eine zarte Waldform.

*43. Schössling mit ziemlich schwachen, am Grunde verbreiterten Stacheln. Zahnung der Blättchen ungleichmässig, aber nicht tief. Endblättchen breit-elliptisch bis verkehrt-eiförmig, mit kurzer aufgesetzter Spitze. Blütenstand im oberen Teil gedrungen, blattlos, kaum verjüngt. Kelchblätter nach der Blüte abstehend, selten an der Frucht aufrecht. Kronenblätter rundlich-verkehrt-eiförmig. Griffel grün.*

**Rubus insericatus** P. J. Müller in Flora 184 (1858). — Syn. VI. 552 (1902). — Fl.$_2$ II. 104 (1905).

Wolfensberg ob Veltheim, beim Robinienwäldchen. — Eschenberg bei Winterthur, ob dem Vogelsang, eine schwach behaarte Abänderung. — Lindberg bei Winterthur, im Walde ob dem Feuerweiher von Oberwinterthur, nicht ganz typisch, die verkehrt-eiförmigen Endblättchen allmählich oder ziemlich rasch in eine lange Spitze ausgezogen. Focke vermutet indessen auch die Zugehörigkeit zu *R. insericatus*. Von *R. oblongifolius*, der in Frage kommen könnte, durch die fussförmig 5zähligen Blätter abweichend. — Zwischen Illnau und Fehraltorf, eine *f. grandiflora*.

*43.* Schössling mit nadelförmig pfriemlichen, oft braunroten Stacheln. Blättchen unterseits in der Jugend grauschimmernd. Endblättchen eiförmig bis breit-elliptisch, in der Jugend mit langer, schlanker Spitze. Blütenstand locker. Fruchtkelch abstehend oder aufrecht. Kronenblätter länglich. Griffel gegen den Grund rot.*

**Rubus rubicundus** P. J. Müller u. Wirtgen in Herb. Rub. Rhen. 150 (1861). — Syn. VI. 553 (1902). — Fl.$_2$ II. 104 (1905).

Rütiholz, zwischen Gutenswil und Volketswil (eine dem *R. rubicundus* nahe stehende Form des *R. obscurus*).

*42.* Stachelborsten und Stieldrüsen meist zahlreich, ungleich. Schössling zottig behaart. Blüten meist weiss.*

*44.* (Vergl. *44.** S. 369.) *Endblättchen länglich-elliptisch oder länglich-verkehrt-eiförmig, plötzlich in eine oft lange, schmale Spitze zusammengezogen.*

*45. Blütenstand unten unterbrochen und durchblättert mit aufrecht abstehenden mehrblütigen Ästchen; oben dichter.*

**Rubus Menkei** W. u. N. in Bluff. u. Fingerh. Comp., Fl. Germ. I. 679 (1825). — Syn. VI. 555 (1902). — Fl.$_2$ I. 256 u. II. 104 (1905). — Fl.$_3$ I. 280 (1909).

**Rubus oblongifolius** P. J. Müller und Wirtgen, Herb. Rub. Rhen. ed. I. Nr. 148 (1860). — Syn. VI. 555 (1902). — Fl.$_2$ I. 104 (1905). *R. fraternus* Gremli, Beiträge Fl. Schweiz 34 (1870).

Dettenberg bei Bülach. — Wald bei Oberschlatt. — Zwischen Illnau und Fehraltorf, eine nicht ausgeprägte Rasse des Formenkreises des *R. Menkei*.

**Var. discolor** Rob. Keller —

Blättchen unterseits sternhaarig filzig, weiss. — Heidenbühl auf dem Gugenhard bei Elgg.

*45.* Blütenstand schmal, traubig und einzelne der Ästchen 2 bis 3blütig.*

**Rubus Menkei** W. u. N. **Var. botryoides** Rob. Keller —

Schössling niederliegend, filzig zottig, mit ungleichen Stieldrüsen und nadelförmigen Stacheln; die grössern unter sich fast gleichen ebenfalls schwach, nadelförmig, gerade. Blätter 3zählig oder meist (an kräftigeren Exemplaren) fussförmig 4—5zählig. Zahnung ungleich, nach vorn meist eingeschnitten, sonst fein. Blättchen oberseits zerstreut anliegend behaart, unterseits weichhaarig, glänzend. Endblättchen am Grunde leicht ausgerandet, verkehrt-eiförmig bis

rautenförmig, allmählich kurz zugespitzt oder mit schmaler, plötzlich aufgesetzter ± verlängerter Spitze. Blütenstand mässig entwickelt bis schwach, schmal, traubig, nur einzelne der kurzen Ästchen 2 bis 3blütig. Ästchen fast rechtwinklig abstehend. Achsen zottig behaart, mit zahlreichen die Haare nicht überragenden und weniger zahlreichen längern Stieldrüsen, reichlich, aber sehr fein nadelstachelig. Kelchblätter nach der Blüte abstehend oder zurückgeschlagen. Staubblätter die Griffel überragend, Fruchtknoten kahl. — Dem *R. oblongifolius* P. J. M. nahestehende, vor allem durch die Form des Blütenstandes auffallend abweichende Form. — Hell bei Brütten.

*44.* Endblättchen breit, oft fast kreisförmig.*

*46.* (Vergl. *46.** S. 370.) *Blättchen unterseits grün, wenn auch weichhaarig, doch nicht filzig.*

*47.* (Vergl. *47.** S. 370.) *Blütenstand bis zur Spitze durchblättert.*

*48. Blütenstandachse mit zahlreichen, kräftigen Nadelstacheln. Kelchblätter nach der Blüte zurückgeschlagen.*

**Rubus bregutiensis** Kerner in Herb. Focke, Abh. N. V. Bremen XIII. 152 (1894). — Syn. VI. 556 (1902). — Fl.$_2$ II. 105 (1905).

*R. teretiusculus* Focke Syn. Rub. Germ. 300 (1867) zum Teil.

Im Walde ob Hüntwangen. — Zwischen Hüntwangen und Eglisau. — Im Walde vor Wasterkingen. — Zwischen Eglisau und Wasterkingen. — Adenberg bei Rafz. — Ebnet zwischen Zweidlen und Weiach. — Emperg bei Raat. — Sanzenberg bei Weiach. — Vogelsang bei Eglisau. — Dettenberg bei Bülach. — Bülacher Hard. — Stammheimerberg. — Hochwacht auf dem Kohlfirst. — Um Andelfingen. — Strasse nach Ossingen, im Wald von Kleinandelfingen. — Schneitberg bei Andelfingen, eine sehr hispide Form. — Zwischen Andelfingen und Oberwil. — Zwischen Andelfingen und Atlikon. — Steinbruch, ob dem Weinberg von Reutlingen. — Eschenberg bei Winterthur. — Lindberg, am Weg nach Reutlingen. — Brühlberg bei Winterthur. — Beerenberg, ob Schweickhof bei Wülflingen. — Schneitberg bei Elgg. — Gugenhard bei Elgg. — An der Strasse von Elgg nach Huggenberg. — Kuchiholz bei Seelmatten, ob Elgg. — Schauenberg, ob Heurüti. — Eichbühl, zwischen Seen und Räterschen. — Stoffel, gegen das Rosinli ob Bäretswil. — Bliggenswil ob Bauma. — Stössel, ob Bettswil. — Bäretswil. — Bettenhölzchen, ob Hinwil (Benz). — Hünikon, im Tannwald. — Birch bei Hünikon. — Irchel, ob der Hub bei Neftenbach, neben typischen ausserordentlich kräftige Individuen *(f. major* Rob. Keller in sched.) — Winterberger Steig, eine an den jungen Blättern durch weissfilzige Behaarung ausgezeichnete Sonnenform. — Hell bei Brütten.

— Effretikon. — Rappenhalde bei Effretikon. — Eichengrie, zwischen Effretikon und Illnau. — Zwischen Illnau und Fehraltorf. — Hard bei Bassersdorf. — Ratzenhalde bei Bassersdorf. — Käferberg bei Örlikon. — Wald, ob Watt bei Oberhasli. — Altberg, ob Dällikon. — Zürichberg, ob Schwamendingen. — Eggwald, ob Horgen. — Thalwiler Wald. — Schnabel. — Unterholz bei Mettmenstetten. — Schuppis bei Mettmenstetten. — Hornberg ob Rifferswil. — Vom Stammheimerberg eine dem *R. bregutiensis* Kerner nahestehende Rasse des *R. Menkei,* welche mit dem *R. conspectus* Genev. die dichte, weiche Behaarung der Unterseite der Blättchen, wie die feine Zahnung teilt; ebenso an den Blütenzweigen die feine nadelige Bestachelung. Die Blättchen sind aber nicht kleiner als an *R. bregutiensis,* auch in der Form diesen ähnlich.

*48.* Kräftigere Stacheln der Blütenstandachse spärlich. Kelchblätter nach der Blüte aufgerichtet. Fruchtkelch der Frucht sich anschmiegend.*

**Rubus bregutiensis** Kerner **Var. subhirtus** Rob. Keller —

Durch das Vorkommen längerer Stieldrüsen und das Aufrichten der Kelchblätter nach der Blüte sind Merkmale des *R. hirtus* mit dem im übrigen typischen *R. bregutiensis* vereint. Die Pflanze ist fruchtbar; ein primärer Bastard liegt also nicht vor, wenn auch vielleicht die Mischung der Charaktere eine Folge früherer Bastardierung ist. — Stammheimerberg. — Brühlberg bei Winterthur.

*47.* Blütenstand unterbrochen, unten durchblättert; oben gedrungen, mit spärlichen schwachen Stacheln bewehrt. Fruchtkelch abstehend. Endblättchen herzeiförmig, etwas schmäler als bei R. bregutiensis.*

**Rubus hirsutus** Wirtgen, Prodr. Fl. Rheinl. 413 (1841). — Syn. VI. 557 (1902). — Fl.$_2$ II. 105 (1905).

Hattenberg bei Trüllikon, eine überaus kräftige, im übrigen typische Form. — Schneitberg bei Elgg in einer nicht typischen, kräftigen, gegen den *R. subcanus* P. J. Müller abändernden Form. — Eine schwache, drüsenreiche Modifikation, die im übrigen manche Ähnlichkeit mit der Wirtgenschen Art hat, im Brandholz bei Bauma. — Gugenhard bei Elgg. — Zwischen Illnau und Fehraltorf. — Hohenasp, zwischen Breite und Lindau. — Lindberg, ob Oberwinterthur beim Pfauendenkmal, eine durch den auch oberwärts nicht gedrungenen Blütenstand etwas abweichende Form.

*46.* Blättchen (wenigstens die jüngern sonniger Standorte) unterseits graufilzig, weichhaarig, am Schatten und mit dem Alter ± grün werdend.*

*49.* (Vergl. *49.** S. 371.) *Staubblätter die Griffel überragend.*

*50. Endblättchen breit-elliptisch bis fast kreisförmig.*

**Rubus subcanus** P. J. Müller in Bonlay Ronc. Vosg. 34 Nr. 27 (1866). — Syn. VI. 557 (1902.) — Fl.$_2$ II. 105 (1905).

Schneitberg bei Elgg. — Riesberg bei Hünikon, in der Form der Blättchen vom Typus etwas abweichend, in der Behaarung ähnlich, doch nicht völlig weissfilzig. — Schnabel.

*50.* Endblättchen schmäler, fast rautenförmig, ± lang zugespitzt. Jüngere Blättchen unterseits weissfilzig.*

**Rubus suavifolius** Gremli, Beitr. z. Fl. d. Schweiz 35 (1870.) — Syn. VI. 558 (1902). — Fl.$_2$ II. 105 (1905).

Schneitberg bei Elgg, eine von der Gremlischen Art leicht abweichende Modifikation. Die kräftigen Schösslinge sind sehr spärlich behaart und drüsenarm, während die Blättchen in Form und Behaarung durchaus mit Gremlischen Originalien übereinstimmen. — Lindberg bei Winterthur. — Eschenberg bei Winterthur, ob dem Vogelsang. — Hohenasp, zwischen Lindau und Breite. — Eggwald ob Horgen.

*49.* Staubblätter kürzer als die Griffel.*

*51. Kelchblätter nach der Blüte zurückgeschlagen. Fruchtknoten kahl.*

**Rubus erraticus** Rob. Keller —

Schössling niederliegend, kräftig, stielrund bis stumpfkantig, spärlich behaart, mit zahlreichen ungleichen, doch vorherrschend kürzeren Stieldrüsen, Drüsenborsten und Stacheln; grössere Stacheln unter sich fast gleich, mässig stark, aus breitem Grunde zusammengezogen, fast gerade, rückwärts geneigt. Zwischen den grösseren Stieldrüsen, Stachelborsten und kleineren Stacheln viele Übergänge. Schösslingsblätter vorherrschend 3zählig, zum Teil unvollständig, zum Teil vollständig fussförmig 5zählig. Blattstiel ca. 2 ½ mal so lang als der Stiel des Endblättchens, dieses ca. 4mal so lang als sein Stielchen. Blattstiel und Stielchen mit zahlreichen rückwärts geneigten, leicht gebogenen Stacheln. Nebenblätter ziemlich hoch entspringend, linealisch. Blätter etwas starr, oberseits dunkelgrün, fast kahl; unterseits weichhaarig, graugrün, samtartig glänzend. Zahnung scharf, mässig tief, aber ungleich, nach vorn oft eingeschnitten gezahnt. Endblättchen eiförmig bis rautenförmig, am Grunde leicht herzförmig ausgerandet, nach vorn in eine lange, rasch sich verschmälernde, zum Teil leicht säbelförmig gekrümmte Spitze zusammengezogen. Blütenstandachse abstehend behaart, mit meist schwachen,

nach oben sehr schwachen, auch unter dem Blütenstand nicht kräftigen, rückwärts geneigten, leicht gebogenen Stacheln besetzt. Stieldrüsen zahlreich, ungleich, doch nur vereinzelte so lang wie der Durchmesser der Achse. Blütenstand ziemlich lang, unterwärts unterbrochen, etwa bis zur Mitte durchblättert. Mittlere und obere Ästchen manchmal schon am Grunde geteilt. Blütenstiele dadurch zum Teil fast büschelig entspringend, am Gipfel flach doldig oder Endblüte von den Seitenblüten selbst überragt. Blütenstiele mässig lang, filzig behaart, mit zahlreichen kürzeren und längeren Stieldrüsen und einzelnen nadelförmigen Stacheln. Kelchblätter nach der Blüte zurückgeschlagen, auf dem Rücken filzig, stieldrüsig und stachelig. Griffel, die Staubblätter etwas überragend; Fruchtknoten kahl. — Fruchtbare Zwischenform zwischen *R. vestitus* und Verwandten und *R. foliosus*. — Beim Moränenaufschluss in der Nähe des Reservoirs ob Horgen.

*51.* Kelchblätter nach der Blüte aufrecht. Fruchtknoten behaart.*

*52.* (Vergl. *52.** S. 372.) *Stieldrüsen ± intensiv rot gefärbt.*

*53. Staubblätter höchstens halb so lang als die grünen Griffel. Blütenstand rispig. Kronenblätter ziemlich breit.*

**Rubus paucistamineus** Gremli in öst. bot. Zeitschr. XXI 96 (1871).

Tannlibühl, ob Bauma.

*53.* Staubblätter nur wenig kürzer als die Griffel. Blütenstand sehr kräftig, oben gedrungen, gegen die Spitze kaum verjüngt. Kronenblätter verkehrt-eiförmig. Stieldrüsen namentlich im Blütenstand schwarzrot.*

**Rubus macrantheloides** Rob. Keller in Mitteilungen der nat. Gesellsch. Winterthur VI. 189 (1906).

Tannlibühl, ob Bauma.

*52.* Endblättchen deltoid oder breit-elliptisch. Zahnung nach oben tief, zusammengesetzt. Stieldrüsen am Schössling und im Blütenstand bleich.*

**Rubus stenoporus** Rob. Keller in Mitteilg. der nat. Gesellsch. Winterthur VI. 190 (1906).

Kohlfirst, im Hohlweg, der vom Stadtweg nach Uhwiesen führt, kurz vor dem Austritt aus dem Walde.

*Hybride der Vestiti.*

Rubus vestitus W. u. N. × R. sulcatus Vest (Vergl. S. 347.)
Rubus vestitus W. u. N. × R. tomentosus Borkh (Vergl. S. 355.)
Rubus vestitus W. u. N. × R. bifrons Vest (Vergl. S. 358.)
Rubus vestitus W. u. N. × R. rudis W. u. N. (Vergl. S. 382.)

Rubus bregutiensis Kerner × R. tomentosus Borkh. (Vergl. S. 355.)
Rubus bregutiensis Kerner × R. bifrons Vest (Vergl. S. 359.)
Rubus bregutiensis Kerner × R. rudis W. u. N. (Vergl. S. 382.)

**Rubus vestitus** W. u. N. × **R. hirtus** K. W. Syn. VI. 549 (1902). Eggwald, ob Horgen, eine dem *R. vestitus* stark genäherte Form.

**Rubus vestitus** W. u. N. × **R. caesius** L., Syn. VI. 548 (1902). — Fl. II. 111 (1905).

Haggenberg bei Weiach. — Hierher gehört vermutlich auch eine Brombeere, die rechts an der Strasse von der Station Marthalen nach Rheinau, unweit der Ausschachtung steht, eine Form, die der weichhaarigen Blätter wegen, wie Focke meint, auch als eine Abänderung des *R. chlorophyllus* aufgefasst werden könnte. Favrat und Gremli sahen in ihr seiner Zeit eine Var. des *R. Villarsianus*. Die geringe Fruchtbarkeit, die ich später konstatierte, in Verbindung mit der samtartigen Behaarung, bestimmen mich heute, sie hier einzureihen.

*20.* Schössling durch dicht stehende Stieldrüsen und Stachelchen rauh (vergl. auch R. obscurus und R. Menkei). Schössling mit ziemlich gleichartigen, meist grundständigen Stacheln. Stieldrüsen kurz, fast gleich. Blütenstandachse mit zahlreichen Stieldrüsen, die (an den typischen Arten) nicht länger sind, als der Querdurchmesser der Blütenstiele. Drüsenborsten meist völlig fehlend. Blättchen meist mit grober bis mässig tiefer, nur selten mit feiner Zahnung.*

### i) Radulae.

*54.* (Vergl. *54.** S. 376.) *Schössling mit kräftigen Stacheln bewehrt. Blütenstand sparrig.*

*55.* (Vergl. *55.** S. 376.) *Fruchtknoten kahl.*

*56.* (Vergl. *56.** S. 375.) *Blütenstand ohne oder nur mit vereinzelten Drüsenborsten, Stachelborsten und nadeligen Stacheln.*

*57. Pflanze ziemlich kräftig; Blätter 3zählig oder fussförmig 5zählig. Blättchen ungleich grob gesägt, oberseits dunkelgrün, etwas glänzend, unterseits angedrückt sternfilzig. Endblättchen elliptisch oder eirautenförmig, vorn lang zugespitzt. Blütenstiele dünn. Kronenblätter klein, länglich-verkehrt-eiförmig, blassrosa.*

**Rubus rudis** W. u. N. in Bluff. u. Fingerh. Comp. Fl. Germ. I. 687 (1825). — Syn. VI. 560 (1902). — Fl.$_2$ I. 257 und II. 105 (1905). — Fl.$_3$ I. 280 (1909).

Hüntwangen. — Edelmann bei Wasterkingen. — Adenberg bei Rafz. — Hohrüteli bei Rafz. — Sanzenberg bei Weiach. — Laub-

berg, zwischen Zweidlen und Eglisau. — Zweidlen am Rhein. — Im Hasli bei Zweidlen. — Im Ebnet bei Zweidlen, eine durch längere Stieldrüsen abweichende Modifikation. — Zwischen Vogelsang bei Eglisau und Wasterkingen. — Zwischen Eglisau und Hüntwangen. — Bülacher Hard, längs der Bahnlinie nach Glattfelden. — Kohlfirst, ob Uhwiesen. — Kohlfirst, am Hinterhörnli ob Wildensbuch. — Am Hattenberg bei Trüllikon. — Stammheimerberg. — Zwischen Andelfingen und Altikon. — Lindberg bei Winterthur, am Weg nach Reutlingen. — Brühlberg bei Winterthur, am Horizontalweg bei den grossen Eichen. — Brühlberg, ob den Reben am Grafenstein. — Eschenberg bei Winterthur, an der Strasse zum Eschenberger Hof; hier auch in der Blattgestalt etwas abweichende Formen mit längeren Stieldrüsen. — Baltenswil bei Effretikon; hier auch in Formen, die sich *R. apiculatus* nähern. — Im Hard bei Bassersdorf. — Zwischen Affoltern und Regensdorf. — Im Walde ob Adlikon. — Kiesgrube bei Adlikon. — Sonder, ob Affoltern bei Regensdorf. — Altberg, ob Dällikon. — Zürichberg, vor dem alten Klösterli.

**Var. subrotundus** Rob. Keller —

Foliola terminalia subrotunda vel late elliptica basi rotundata. Inflorescentiae ramuli breves. — Während an der typischen Form die Endblättchen eirautenförmig und gegen den Grund oft keilförmig zu sein pflegen, begegnet uns hier die Art in sehr ungewöhnlicher Blattgestalt. Mit ihr ist eine ebenfalls ungewönliche Form des Blütenstandes kombiniert, der typisch sparrig ausgebreitet ist. Auch Focke sieht in dem Spezimen eine Abänderung des Typus, nicht eine durch hybride Beeinflussung entstandene Form. — Im Wäldchen vor der Herzogenmühle bei Wallisellen.

**Var. hylotomiophilus** Rob. Keller —

Differt a typo foliis subtus densius tomentosis, foliolis terminalibus late ellipticis, basi rotundatis, staminibus stylis aequilongis, germinibus pilosis. — Klösterli, am Zürichberg.

**Rubus napephilus** G. Brauer exsicc., Syn. VI. 561 (1902).

Eine dem Typus ähnliche Pflanze in Mettmenstetten im Unterholz. Sie macht den Eindruck einer Kreuzung von *R. rudis* mit einer bleichdrüsigen Art der Glandulosi.

57.* *Blättchen unterseits zerstreut behaart, bleichgrün. Endblättchen kreisförmig, mit herzförmigem Grunde und langer, schmaler, aufgesetzter Spitze, mit etwas ungleicher und ziemlich grober Zahnung. Kronenblätter verkehrt-eiförmig, weiss.*

**Rubus brachyadenophorus** Rob. Keller —

Schössling niederliegend, kräftig, kantig, flachseitig oder ± gefurcht, mit zahlreichen, ziemlich kräftigen, breit aufsitzenden, unter sich gleichen Stacheln und zahlreichen kurzen und einzelnen längern Stieldrüsen, kahl. Schösslingsblätter vorherrschend fussförmig 5zählig. Blätter oberseits kahl, unterseits zerstreut behaart, bleichgrün. Endblättchen kreisförmig, am Grunde ± herzförmig ausgerandet, mit etwa 1 cm langer aufgesetzter, schmaler Spitze, etwas mehr als doppelt so lang als sein Stielchen. Blattrand etwas ungleich und ziemlich grob gesägt. Blütenstandachse abstehend behaart, mit zahlreichen kurzen Stieldrüsen. Blütenstand umfangreich, sparrig ausgebreitet, etwa bis zur Mitte durchblättert; Ästchen abstehend. Blütenstiele ziemlich lang, filzig behaart, mit zahlreichen kurzen und einzelnen Stieldrüsen, die länger sind als der Durchmesser der Blütenstiele, und nadelförmigen Stacheln. Kelchblätter auf dem Rücken filzig, dichtdrüsig, nach der Blüte zurückgeschlagen. Kronenblätter weiss, verkehrt-eiförmig. Staubblätter etwa griffelhoch. Fruchtknoten kahl. Früchte gut entwickelt. — Klösterli, am Zürichberg ob Schwamendingen. — *R. brachyadenophorus* ist eine intermediäre Art, deren Blütenstand und Drüsen auffallende Ahnlichkeit zu *R. rudis* zeigen, während die Blätter vor allem der Schösslinge durchaus jene des *R. thyrsiflorus* sind. Focke wirft die Frage auf, ob nicht eine Kreuzungsform des *R. rudis* vorliege. Da die Pflanze gut fruchtet, kann meinem Dafürhalten nach an eine primäre Bastardierung nicht gedacht werden, während ja allerdings der hybridogene Ursprung unserer intermediären Art aus einem Kreuzungsprodukt des *R. rudis* mit *R. thyrsiflorus* nicht ausgeschlossen ist.

*56.* Blättchen unterseits locker sternfilzig. Endblättchen breitelliptisch, mit langer, schmaler Spitze. Blütenstandachse sehr dicht mit ungleich langen nadelförmigen Stacheln besetzt. Stieldrüsen zahlreich, zum Teil ziemlich lang, mit vielen Übergängen zu drüsenlosen Stachelborsten und nadelförmigen Stacheln. Blüten ziemlich gross. Kronenblätter schmal.*

**Rubus adenbergensis** Rob. Keller in Mitteilg. der nat. Gesellsch. Winterthur VI. 192 (1906).

Adenberg bei Rafz. — Durch die kurzen Stieldrüsen des Schösslings, die Gestalt der Blättchen und die Form des Blütenstandes verrät diese schöne Brombeere die Verwandtschaft mit *R. rudis*. Durch die sehr dichte und ungleiche Bestachelung, den Reichtum an sehr ungleich langen, durch Übergänge zu den Stacheln ausgezeich-

neten Stieldrüsen im Blütenstand verbindet sie Charaktere der *Glandulosi* mit *R. rudis*, ohne indessen eine hybride Form darzustellen.

55.* *Kräftige Pflanze mit drüsenarmem, spärlich büschelhaarigem Schössling. Blätter oberseits zerstreut behaart, unterseits durch Sternhaare und abstehende einfache Haare graufilzig, seidigschimmernd. Endblättchen elliptisch oder verkehrteiförmig, vorn plötzlich in eine lange Spitze ausgezogen. Kronenblätter länglich-verkehrt-eiförmig, rötlich. Fruchtknoten langhaarig.*

**Rubus sonderi** Rob. Keller in Bull. de l'Herb. Boissier 2me série IV. 419 (1904).

Am Sonder bei Affoltern.

54.* (Vergl. auch 54.** S. 377.) *Schösslingsstacheln kräftig oder mässig kräftig. Schössling ± dicht behaart. Blütenstand verlängert.*

58. (Vergl. 58.* S. 376.) *Fruchtknoten kahl.*

59. *Blättchen ungleich grob gesägt, unterseits dünn weissfilzig, am Schatten ergrünend. Blütenstiele kurzhaarig filzig. Staubblätter griffelhoch.*

**Rubus Genevieri** Boreau, Fl. Cent. éd. 3 II. 193 (1857). — Syn. VI. 563 (1902). — Fl.2 I. 257 u. II. 105 (1905). — Fl.3 I. 281 (1909).

Hohrüteli bei Rafz, eine durch den etwas verkürzten Blütenstand abweichende Modifikation. — Bülacher Hard, Formen mit auffallend starker und mit spärlicher Drüsigkeit. — Schauenberg, am Waldrande gegen Schlatt (*R. racemigerus* Gremli).

59.* *Blättchen etwas weniger grob, aber ungleich scharf gesägt, oberseits dunkelgrün, unterseits in der Jugend oder an sonnigen Standorten weissfilzig, sonst graufilzig. Blütenstand am Grunde mit starken, langen, rückwärts geneigten Stacheln bewehrt. Staubblätter die Griffel etwas überragend.*

**Rubus radula** W. in Bönningh. Prodr. Fl. Monast. 152 (1825). — Syn. VI. 564 (1902). — Fl.2 I. 257 (1905). — Fl.3 I. 281 (1909).

Buchegg bei Wiesendangen; nicht ganz typisch.

58.* *Fruchknoten behaart. Blättchen feingesägt.*

60. *Blättchen unterseits kurzhaarig weissfilzig, im Schatten grün. Blütenstand verlängert, nach oben verjüngt, mit kleinen sicheligen Stacheln. Kronenblätter elliptisch, weiss.*

**Rubus macrostachys** P. J. Müller, Flora XLI. 150 (1858). — Syn. VI. 567 (1902). — Fl.2 I. 257 (1905). — Fl.3 I. 281 (1909).

In etwas abweichender Form ob dem Weinberge von Reutlingen bei Winterthur. — In nicht ganz typischer, im Blütenstand an *R. foliosus* anklingender Form vom Klösterli, ob Schwamendingen.

*60.* Blätter beiderseits grün.*

*61. Blättchen, dick, fast lederartig. Blütenstand dicht, mit kurzen Stieldrüsen und zerstreuten nadelförmigen Stacheln besetzt. Kronenblätter spatelig, weiss oder etwas gelblich weiss.*

**Rubus scaber** W. u. N. in Bluff. u. Fingerh. Comp. Fl. Germ. I. 683 (1825). — Syn. VI. 568 (1902). — Fl.$_2$ I. 257 u. VI. 105 (1905). — Fl.$_3$ I. 281 (1909).

Stammheimerberg. — Eine namentlich im Schössling mit *R. scaber* sich deckende Form beim Eschenbergerhof, Winterthur. — Eggwald, ob Horgen. — Oberrieden. — Im Thalwiler Wald. — Mettmenstetten, im Unterholz.

*61.* Endblättchen elliptisch oder verkehrt-eiförmig, am Grunde herzförmig, vorn mit langer, schmaler Spitze. Blütenstand armblütig, fast bis zur Spitze durchblättert.*

**Rubus brachystachys** Rob. Keller in Mitteilg. der nat. Gesellsch. Winterthur VI. 193 (1906).

Ob Bauma gegen den Stoffel.

*54.** Schössling mit meist schwachen Stacheln, + dicht, bisweilen zottig behaart.*

*62.* (Vergl. *62.** S. 381.) *Kelchblätter nach der Blüte zurückgeschlagen, später abstehend, selten selbst locker der Frucht anliegend oder bleibend zurückgeschlagen.*

*63.* (Vergl. *63.** S. 380.) *Fruchtknoten kahl.*

*64. Schössling ohne oder nur mit vereinzelten Stieldrüsen.*

**Rubus anadenocaulis** Rob. Keller —

Schössling niederliegend, stielrund, am Lichte braunrot, locker anliegend behaart. Stieldrüsen fehlend oder nur ganz vereinzelt. Stacheln ziemlich schwach, breit aufsitzend, rückwärts geneigt, unter sich gleich. Nebenblätter linealisch, gleich den Blattstielen drüsenlos oder nur mit vereinzelten Drüsen. Blätter 3zählig oder meist fussförmig 4—5zählig. Blättchen mittelgross, etwas starr, fein, aber etwas ungleich gezahnt, oberseits dunkelgrün, zerstreut behaart, etwas glänzend, unterseits weichhaarig, graugrün, von seidigem Glanz. Endblättchen ca. 3mal so lang als sein Stielchen, eiförmig, am Grunde herzförmig ausgerandet, vorn plötzlich in eine ziemlich lange Spitze zusammengezogen. Blütenstand lang, unterwärts unterbrochen, bis

zur Mitte durchblättert, oben dicht. Achse oben dicht anliegend behaart, mit zahlreichen ungleichen Stieldrüsen und feinen, leicht gebogenen Stacheln, nach unten locker behaart, allmählich armdrüsig werdend. Kelchblätter nach der Blüte zurückgeschlagen. Griffel die Staubblätter etwas überragend. Fruchtknoten kahl oder nur mit vereinzelten Haaren. — Eggwald, ob Horgen. — Im Blütenstand durchaus dem *R. foliosus* gleichend, wenn auch weniger reichblütig und daher die Blütenstiele nicht gebüschelt, entfernt sie sich durch das Fehlen der Stieldrüsen so sehr auffallend von ihm, dass die Einordnung der Art an diesem Ort etwas zweifelhaft bleibt. Die Früchte entwickeln sich gut. Das Fehlen der Drüsen ist daher eher als eine Mutationswirkung, denn als Folge hybrider Kreuzung aufzufassen.

*64.** (Vergl. auch *64.*** S. 378.) *Schössling stets mit meist zahlreichen, selten spärlichen, unter den Haaren verborgenen, doch nie über mehrere Interfolien fehlenden Stieldrüsen.*

**Rubus pallidus** W. u. N. in Bluff u. Fingerh. Comp. Fl. Germ. I. 622 (1825). — Syn. VI. 571 (1902). — Fl.$_2$ I. 258 (1905). — Fl.$_3$ I. 282 (1909).

Lindberg bei Winterthur, ob dem Gütli, eine dem *R. pallidus* W. u. N. ähnliche Form.

*64.*** *Stieldrüsen zahlreich, zum Teil die Haare erheblich überragend.*

*65. Staubblätter griffelhoch oder die Griffel überragend.*

**Rubus euanthophorus** Rob. Keller —

Schössling kräftig, stielrund, am Lichte braunrot, behaart, mit zahlreichen, sehr ungleichen rötlichen Stieldrüsen und mässig kräftigen, rückwärts geneigten Stacheln ausserordentlich dicht besetzt. Laubblätter meist fussförmig 4—5zählig, oberseits striegelhaarig, unterseits dichter behaart, die jüngern weich samtartig, seidenglänzend. Zahnung ungleich, zum Teil grob eingeschnitten gezahnt, zum Teil fast gleich, stets scharf. Endblättchen elliptisch, eiförmig bis verkehrt-eiförmig, ca. 2 $^1/_2$—3 mal so lang als sein Stielchen, am Grunde leicht herzförmig ausgerandet, vorn allmählich zugespitzt. Blütenstand sehr umfangreich, reichblütig, unten unterbrochen, mit längeren, abstehenden, traubigen Ästchen, im übrigen ziemlich schmal und fast gleich breit, fast bis zum Gipfel durchblättert. Zahlreiche Ästchen am Grunde oder nahe am Grunde geteilt, Blüten dadurch gebüschelt. Blütenstandachse gleich den Blütenstielen und dem Rücken der Kelchblätter ausserordentlich dicht mit ungleich langen, rötlichen bis schwarzroten Stieldrüsen, Drüsenborsten, Stachelborsten und nadel-

förmigen Stacheln bewehrt. Stacheln rückwärts gerichtet, meist leicht gebogen. Kelchblätter nach der Blüte abstehend oder zurückgeschlagen, später meist + aufgerichtet und auch der Frucht anliegend. Kronenblätter weiss, länglich verkehrt-eiförmig. Staubblätter griffelhoch oder die grünlichen Griffel überragend. Fruchtknoten kahl. Früchte gut entwickelt bis zu 40 Steinfrüchtchen. — Eggwald, ob Horgen. — Im Blütenstand dem *R. foliosus* ähnlich ist die Art durch die Ungleichheit der Stieldrüsen, Drüsenborsten, Stachelborsten und Stacheln durchaus den Zugehörigen der *Köhleriani* oder *Glandulosi* gleich. Da die Ästchen der unteren und mittleren Partie des Blütenstandes nicht trugdoldig, sondern namentlich die tiefer stehenden traubig sind, trägt sie den Charakter der *Glandulosi*. Sie erscheint nicht sowohl als Rasse auch der häufigen und vielgestaltigen Arten, denn vielmehr als eine fruchtbare Mittelform zwischen *R. hirtus* und *R. foliosus*.

*65.* Staubblätter kürzer als die Griffel, einreihig.*

**Rubus stenothyrsus** Rob. Keller —

Schössling niederliegend, stielrund, kräftig, zottig behaart, dicht mit ungleichen schwarzroten Stieldrüsen, Drüsenborsten und mit nadelförmigen Stacheln besetzt. Blätter 3zählig gefingert, lang gestielt; Stiel ca. 3mal länger als das Stielchen des Endblättchens. Nebenblätter linealisch. Behaarung oberseits sehr zerstreut, unterseits dichter, weich, seidig schimmernd. Zahnung ungleich, nach vorn ± grob eingeschnitten gezahnt. Endblättchen ca. 10 cm lang, elliptisch bis breit-eiförmig oder verkehrt-eiförmig, am Grunde herzförmig ausgerandet, nach vorn breit zugespitzt. Blütenstand schmal, unten unterbrochen, bis zur Mitte durchblättert. Mittlere Ästchen tief geteilt, Blüten daher oft gebüschelt. Achsen filzig, mit sehr zahlreichen kürzeren und längeren, schwarzroten Stieldrüsen, Drüsenborsten und nadelförmigen Stacheln. Kelchblätter nach der Blüte zurückgeschlagen, abstehend oder einzelne aufgerichtet. Staubblätter kurz, einreihig. Griffel die Staubblätter überragend. Fruchtknoten kahl. — Durch die Form der Drüsen und Stacheln der *Hirtusgruppe* zugehörig und zwar wegen der Dunkelfärbung und der gynodynamischen Blüten speziell dem Formenkreise des *R. Güntheri* sich anfügend, schliesst sich die Art durch die Gestalt des Blütenstandes und die Stellung der Kelchblätter wieder eng an *R. foliosus* an. Da die Pflanze gut fruchtet, ist sie als eine intermediäre, zwischen *R. Güntheri* und *R. foliosus* liegende Art aufzufassen, vielleicht ein Abkömmling einer ursprünglichen Kreuzung beider, keinesfalls ein primärer Bastard. — Tösswald am Hüttkopf.

*63.* Fruchtknoten behaart. Blütenstand lang, mittlere und obere Ästchen zum Teil nahe dem Grunde geteilt, daher Blütenstiele oft gebüschelt.*

*66. Blätter 3zählig oder fussförmig 5zählig. Blättchen etwas dick, ungleich fein- und scharfgesägt. Endblättchen elliptisch oder eiförmig, lang zugespitzt. Kronenblätter weiss.*

**Rubus foliosus** W. u. N. in Bluff u. Fingerh. Comp. Fl. Germ. I. 682 (1825). — Syn. VI. 573 (1902). — Fl.$_2$ I. 258 u. II. 106 (1905). — Fl.$_3$ I. 282 (1909).

Kohlfirst, ob Uhwiesen. — Schneitberg bei Andelfingen. — Gugenhard bei Elgg, neben typischen auch eine auffallend drüsenarme Modifikation. — Brühlberg bei Winterthur. — Eine schöne, durch auffallend grosse Blättchen ausgezeichnete Form beim Eschenbergerhof. — Eschenberg bei Winterthur. — Waldrand, ob dem Vogelsang bei Winterthur. — Lindberg bei Winterthur, am Bäumli; hier auch in etwas abweichenden, namentlich stark behaarten Formen. — Wolfensberg, zwischen Veltheim und Wülflingen. — Ebnet, ob Töss. — Hohenasp, zwischen Lindau und Breite. — Hell bei Brütten. — Zwischen Bassersdorf und Kloten. — Altberg, ob Dällikon. — Klösterli, am Zürichberg. — Eggwald, ob Horgen; am unteren Moränenaufschluss eine kahlstengelige Abänderung der Art. — Unterholz bei Mettmenstetten.

*66.* Schössling meist braunrot, spärlich kurzhaarig. Blättchen dünn, fast gleichförmig scharf gesägt; die jüngern durch angedrückten Sternfilz unterseits weisslich. Endblättchen schmal-elliptisch, lang zugespitzt. Kronenblätter klein, schmal, hellrosa.*

**Rubus saltuum** Focke in Gremli, Beiträge Fl. Schweiz 30 (1870). — Syn. VI. 574 (1902). — Fl.$_2$ II. 106 (1905).

Sanzenberg bei Weiach. — Stammheimerberg. — Stoffel, ob Bliggenswil bei Bauma, neben typischen Formen auch + stark abweichende. Kelchblätter zum grössten Teil aufgerichtet, Fruchtknoten kahl; längere Stieldrüsen etwas reichlicher. Zum Teil sind das Modifikationen, welche die Abänderung in der Richtung gegen die *Glandulosi* andeuten. — Brühlberg bei Winterthur. — Wolfensberg, zwischen Veltheim und Wülflingen. — Beerenberg bei Wülflingen. — Hohenasp, zwischen Lindau und Breite. — Klösterli, am Zürichberg. — Mesikerholz, ob Fehraltorf, eine in der Form der Blättchen dem *R. foliosus* nahestehende Form, durch die blassrote Krone und die roten Griffel mit *R. saltuum* übereinstimmend. — Eggwald, ob Horgen.

*62.* Kelchblätter nach der Blüte sich aufrichtend, der Frucht anliegend.*

*67.* (Vergl. *67.** S. 382.) *Griffel gerade oder leicht gebogen.*

*68. Blätter meist 5zählig. Blättchen tief gesägt, unterseits die jüngeren weissfilzig. Endblättchen länglich-eiförmig, lang zugespitzt. Fruchtknoten filzig.*

**Rubus albicomus** Gremli, Beiträge zur Fl. d. Schweiz 30 (1870). — Syn. VI. 575 (1902). — Fl.$_2$ II. 106 (1905).

Sanzenberg bei Weiach. — Adenberg bei Rafz. — Hohrüteli bei Rafz. — Auf dem Plateau des Rheinsberges vor Eglisau ziemlich reichlich; wo die Art dem Niederwuchs des Hochwaldes sich beigesellt, lockert sich der subfoliose Filz etwas, so dass auch die jüngern Blätter nicht mehr weiss-, sondern graufilzig erscheinen. — Kohlfirst, am Stadtweg.

*68.* Blätter beiderseits grün. Fruchtknoten kahl.*

*69. Endblättchen länglich-verkehrt-eiförmig, am Grunde abgerundet, vorn in eine lange, sehr schmale, fein gezähnelte Spitze auslaufend.*

**Rubus caudatus** Rob. Keller in Bull. de l'Herb. Boiss. 2$^{me}$ série 420 IV. (1904). — Fl.$_2$ 106 (1905).

Kuchiholz, zwischen Seelmatten und Elgg. — Klösterli, am Zürichberg.

*69.* Endblättchen breit-eiförmig oder verkehrt-eiförmig, am Grunde herzförmig, plötzlich in eine kurze Spitze zusammengezogen. Blütenstand umfangreich. Mittlere und obere Seitenäste zum Teil nahe dem Grunde oder am Grunde geteilt, Blütenstiele dadurch oftmals gebüschelt.*

**Rubus apatelus** Rob. Keller —

Schössling sehr kräftig, stielrund oder stumpfkantig, am Lichte braunrot, behaart, mit ungleichen roten Stieldrüsen, borstigen und nadelförmigen Stacheln und breit aufsitzenden, kräftigen, unter sich fast gleichen, leicht gebogenen bis geraden, rückwärts geneigten Stacheln. Blätter 3zählig gefingert oder fussförmig 5zählig, oberseits zerstreut, unterseits dichter behaart, bleichgrün. Zahnung etwas ungleich, mässig tief bis fein. Endblättchen breit-eiförmig oder verkehrt-eiförmig, am Grunde herzförmig, plötzlich in eine kurze Spitze zusammengezogen. Blütenstand umfangreich, unterwärts unterbrochen, oben dicht, bis zur Mitte oder darüber durchblättert. Ästchen abstehend, einzelne schon von Grund an geteilt. Blätter unterseits weichhaarig. Achsen anliegend kraushaarigfilzig, mit zahlreichen

kürzeren und zerstreuten längeren Stieldrüsen, die zum Teil den Querdurchmesser der Achsen an Länge übertreffen. Stacheln zahlzeich. Kelchblätter aussen graugrün, mit zahlreichen roten Stieldrüsen und zerstreuten Stacheln, nach der Blüte aufrecht, der Frucht anliegend. Fruchtknoten kahl. Früchte gut ausgebildet. — Klösterli, ob Schwamendingen. — Der Blütenstand des *R. apatelus* macht durchaus den Eindruck des Blütenstandes von *R. foliosus,* wenn auch die Blütenstiele weniger häufig „fast büschelig" entspringen. Durch die zahlreichen längern Stieldrüsen, die sich den kürzern beimengen, und die Übergänge zu den Drüsenborsten und Stachelborsten einerseits und die nach der Blüte aufgerichteten, der Frucht anliegenden Kelchblätter anderseits treten zu den Merkmalen des *R. foliosus* solche des *R. hirtus* hinzu, ohne dass der guten Fruchtentwicklung wegen ein primärer Bastard vorliegen kann. — *R. apatelus* ordnen wir deshalb als eine gegen *R. hirtus* abändernde Kleinart dem Formenkreise des *R. foliosus* ein.

*67.* Endblättchen elliptisch-verkehrt-eiförmig, plötzlich in eine lange, schmale Spitze zusammengezogen, am Grunde abgerundet oder fast keilig. Griffel rot, lang herabgekrümmt.*

**Rubus curvistylus** Gremli in öst. bot. Zeitschr. XXI. 125 (1871). — Syn. VI. 576 (1902).

Zwischen Illnau und Fehraltorf.

*Hybride der Radulae.*

Rubus rudis W. u. N. × R. bifrons Vest (Vergl. S. 359).
Rubus rudis W. u. N. × R. hirtus W. K. (Vergl. S. 413).

**Rubus rudis** W. u. N. × **R. vestitus** W. u. N.

Effretikon.

**Rubus amphilogus** Rob. Keller spec. hybr. in Bull. de l'Herb. Boissier 2me série IV. 344 (1904) = **Rubus rudis** W. u. N. × **R. bregutiensis** Kerner.

Eichbühl, ob der Station Seen.

**Rubus rudis** W. u. N. × **R. caesius** L.

Zwischen Kyburg und Kemptthal.

**Rubus saltuum** Focke × **R. hirtus** W. K. Fl.2 II. 111 (1905).

Schneitberg, zwischen Andelfingen und Hausersee. Die geringe Fruchtbarkeit dieser Mittelform spricht für ihre Hybridität. — Lindberg, oberhalb Oberwinterthur. Eine *R. saltuum* Focke sehr ähnliche Form. Die erhebliche Ungleichheit der Drüsen und Stacheln

dürfte in der Kreuzung mit einer Form des *R. hirtus* W. K. ihre Ursache haben. — Käferberg bei Oerlikon. — Klösterli, am Zürichberg.

**Rubus albicomus** Gremli × **R. brevis** Gremli —

Eine dem *R. albicomus* Gremli sehr ähnliche, durch die sehr ungleiche, dichte Bestachelung aber, die ohne bestimmte Grenze in Stachelborsten, Drüsenborsten und Stieldrüsen übergeht, an einen Rubus der *Köhlerianigruppe* erinnernde Brombeere fasse ich wegen der sehr geringen Fruchtbarkeit als Kreuzungsprodukt beider auf. — Sanzenberg bei Weiach.

*19.* Lange Drüsenborsten im Blütenstand und oft auch am Schössling vorhanden.*

*70.* (Vergl. *70.** S. 386.) *Schössling niedrigbogig mit fast gleichartigen kantenständigen Stacheln und spärlichen oder zahlreichen Stachelborsten, Stachelhöckern und Stieldrüsen. Blütenstand mässig entwickelt, wenig verjüngt. Stacheln von den ungleichen Stachelborsten, Drüsenborsten und Stieldrüsen auch im Blütenstand deutlich verschieden.*

### k) Apiculati.

*71.* (Vergl. *71.** S. 385.) *Seitenblättchen der 3zähligen Schösslingsblätter deutlich gestielt.*

*72.* (Vergl. *72.** S. 384.) *Endblättchen verkehrt-eiförmig bis schmalelliptisch.*

*73. Schössling kaum behaart, oft glänzend, spärlich bestachelt, meist mit zahlreichen ungleichen Stachelhöckern. Blättchen derb, ziemlich grob und ungleich gesägt, unterseits ± dicht graufilzig schimmernd. Endblättchen verkehrt-eiförmig, kurz zugespitzt. Blütenstand derb stachelig, gedrungen, ziemlich schmal, oft verjüngt. Kronenblätter blassrosa.*

**Rubus apiculatus** W. u. N. in Bluff u. Fingerh. Comp. Fl. Germ. I. 680 (1825). — Syn. VI. 580 (1902). — Fl.$_2$ I. 528 u. II. 106 (1905). — Fl.$_3$ I. 282 (1909).

Hohrüteli bei Rafz. — Bülacher Hard. — Brandholz, ob Bauma, eine Abänderung mit herzeiförmigen, lang zugespitzten Endblättchen, dadurch dem *R. pinicola* Hofmann ähnlich. — Dättenberg bei Elgg, eine durch den sonnigen Standort beeinflusste Abänderung. Blätter unterseits stark behaart, weichfilzig. — Beim Pfauendenkmal auf dem Lindberg. — Bäumli, auf dem Lindberg bei Winterthur. — Schwerzirain bei Hettlingen. — Winterbergersteig bei Kemptthal. — An der Fahrstrasse von Brütten nach Kleinikon. — Reitenbach, ob Fehr-

altorf. — Zwischen Dietlikon und Kloten. — Zürichberg, ob Schwamendingen. — Eggwald ob Horgen, beim Reservoir. — Thalwiler Wald.

**Var. polyacanthus** Rob. Keller in Bull. Herb. Boiss. 2me série IV. 44 (1904).

Rosentann, zwischen Effretikon und Illnau.

*73.* Schössling spärlich behaart, zerstreut stieldrüsig und stachelhöckerig. Blättchen gleichmässig feinzahnig, nach vorn oft mit eingestreuten grösseren Zähnen, unterseits weichhaarig, oft grauschimmernd. Endblättchen meist schmalelliptisch. Blütenstand locker, verlängert, nach oben wenig verjüngt. Kronenblätter länglich, weiss oder blassrosa.*

**Rubus podophyllus** P. J. Müller, Bonpland IX. 281 (1861). — Syn. VI. 586 (1902).

Rosentann bei Effretikon, in typischer Ausbildung und in Formen, die „dem *R. cunctator* genähert sind" (Focke). — Zwischen Effretikon und Baltenswil.

*72.* Endblättchen eiförmig oder herzeiförmig bis rundlich-elliptisch.*

*74.* (Vergl. *74.** S. 385.) *Blättchen ungleich grob, bisweilen eingeschnitten gezahnt.*

*75. Blättchen unterseits durch lockeren Filz grau oder weiss schimmernd. Endblättchen herzeiförmig oder breit-elliptisch, kurz zugespitzt. Blütenstand ziemlich kurz, sparrig. Staubblätter die Griffel überragend.*

**Rubus Caflischii** Focke, Syn. Rub. Germ. 278 (1877). — Syn. VI. 587 (1902). — Fl.$_2$ I. 258 u. II. 106 (1905). — Fl.$_3$ I. 283 (1909).

Stammheimerberg. — Zwischen Effretikon und Baltenswil, eine dem *R. Caflischii* sehr ähnliche Mittelform zwischen *R. rudis* und *R. bifrons*.

*75.* Blättchen unterseits weichhaarig, glänzend, Endblättchen herzeiförmig, allmählich lang zugespitzt. Blütenstand durchblättert, oben gedrungen. Staubblätter kürzer als die Griffel.*

**Rubus grossiserratus** Rob. Keller —

Schössling niederliegend, stielrund oder undeutlich kantig, zerstreut behaart, mit zahlreichen ungleichen, meist kurzen Stieldrüsen und zerstreuten langen Stieldrüsen und Drüsenborsten. Grössere Stacheln unter sich ziemlich gleich schwach, aus verbreitertem Grunde plötzlich zusammengezogen, leicht gebogen. Schösslingsblätter fussförmig 5zählig, die äusseren Seitenblättchen meist hochentspringend.

Blatt- und Blättchenstiele gleich der Mittelrippe reichlich mit Stacheln bewehrt. Blätter oberseits locker anliegend behaart, dunkelgrün, unterseits dichter behaart, weich, glänzend. Endblättchen ca. 3 mal so lang als sein Stiel, herzeiförmig, allmählich in eine schmale Spitze auslaufend, grob-, bisweilen eingeschnitten gesägt, Sägezähne mit aufgesetzter Spitze. Blütenstandachse mit zahlreichen rückwärts geneigten, nadelförmigen Stacheln, abstehend behaart, mit zahlreichen, die Haare meist nicht überragenden und zerstreuten langen Stieldrüsen. Blütenstand durchblättert, die unteren Ästchen meist mit dreiblütiger Dolde abschliessend, zu oberst gedrungen. Blütenstiele filzig, mit zahlreichen, meist im Filz verborgenen Drüsen und nadelförmigen Stacheln. Kelchblätter lanzettlich, auf dem Rücken mit nadelförmigen, gelben Stacheln und sehr kurzen Stieldrüsen, nach der Blüte aufgerichtet, länger als die weissen, länglich-verkehrteiförmigen Kronenblätter. Staubblätter fast einreihig, kürzer als die grünen Griffel. Fruchtknoten behaart, Haare wenigstens zum Teil bis zur Fruchtreife bleibend. — Adlisberg am Zürichberg.

*74.* Blättchen fein gesägt. Blütenstand verlängert. Kelch nach der Blüte zurückgeschlagen, später sich aufrichtend, an der Frucht aufrecht.*

*76. Endblättchen rhombisch-elliptisch, kurz und breit zugespitzt, unterseits angedrückt weissfilzig bis blassgrün.*

**Rubus denticulatus** Kerner in Focke, Syn. Rub. Germ. 282 (1877). — Syn. VI. 288 (1902).

Effretikon, im Walde ob der Station.

*76.* Endblättchen herzeiförmig, lang zugespitzt. Blättchen unterseits graufilzig bis blassgrün.*

**Rubus inaequalis** Halácsy in Verhandl. Z. B. G. Wien XXXV 662 (1885). — Syn. VI. 588 (1902).

Zu dieser Brombeere, die ich für eine Form des *R. apiculatus* hielt, schreibt Focke: Erinnert wohl an *R. apiculatus,* aber auch an *R. curvistylus*; scheint von beiden wesentlich verschieden. Ich möchte glauben, dass sich die Form besser mit *R. inaequalis* verbinden lässt. — Stammheimerberg.

*71.* Seitenblättchen der 3zähligen Schösslingsblätter sehr kurz gestielt. Endblättchen verkehrt-eiförmig. Blütenstand fast ebensträussig, mit kurzen Stieldrüsen.*

**Rubus corymbosus** P. J. Müller in Fl. XLI. 151 (1858). — Syn. VI. 591 (1902.)

**Eggwald, ob Horgen-Oberrieden, eine nach Focke zur Gruppe des *R. corymbosus* gehörige, aber nicht typische Form. Der Schössling ist stielrund, schwach, spärlich behaart bis fast kahl und fast drüsenlos. Am mittleren Teil des Schösslings sind die Laubblätter fussförmig 5zählig, die Seitenblättchen deutlich gestielt, ziemlich hoch entspringend. Endblättchen am Grunde abgerundet oder meist herzförmig, breit-elliptisch, vorn in eine ziemlich lange Spitze ausgezogen. Stieldrüsen und Nadelstacheln sind im Blütenstand nicht besonders reichlich.**

*Hybride der Apiculati.*

**Rubus apiculatus** W. u. N. × **R. caesius** L.

Stammheimerberg. Focke bemerkt hiezu: Bastardform? Dem *R. apiculatus* ähnlich. Die normalen Nebenblätter sind fädlich, nur die unteren etwas verlaubt (spricht für Hybridität).

*70.* Blütenstand umfangreich, zusammengesetzt, locker, traubig endigend.*

l) **Grandifolii.**

*Blättchen unterseits grün, leicht flaumig behaart, mit wenig tiefer, doch etwas ungleicher und scharfer Zahnung. Endblättchen verkehrt-eiförmig bis schmal-elliptisch, ziemlich lang zugespitzt. Kronenblätter breit-elliptisch, meist rosa.*

**Rubus Lejeunei** W. u. N. in Bluff. u. Fingerh. Comp. Fl. Germ. I. 633 (1825). — Syn. VI. 542 (1902).

In ganz typischer Form ist die Art nicht nachzuweisen. Ähnliche und wohl noch dem Variationskreise der Art zugehörige Formen vom Kohlfirst, ob Wildensbuch. — Eschenberg bei Winterthur.

*6.* Stacheln sehr ungleich, mit zahlreichen Stieldrüsen und Stachelchen, meist mit ± zahlreichen, oft dicht stehenden Stachelborsten und Drüsenborsten untermischt.*

*77.* (Vergl. *77.** S. 388.) *Blütenstand rispig, mittlere Ästchen trugdoldig. Grössere Stacheln schmal, aber ziemlich kräftig, ohne bestimmte Grenzen in Stachelborsten, Drüsenborsten und Stieldrüsen übergehend.*

m) **Köhleriani.**

*78.* (Vergl. *78.** S. 387.) *Blütenstand kurz, sparrig, mitwagrecht abstehenden Ästchen.*

*79. Blättchen ziemlich gross, breit, ungleich grob gesägt, oberseits dunkelgrün, glänzend, unterseits an den Nerven behaart, ohne Sternfilz. Endblättchen breit-elliptisch bis fast kreisrund, am Grunde herzförmig, vorn ziemlich lang zugespitzt. Kronenblätter blassrosa. Fruchtknoten kahl.*

**Rubus rosaceus** W. u. N. in Bluff. u. Fingerh. Comp. Fl. Germ. I. 685 (1825). — Syn. VI. 594 (1902).

Beim Klösterli am Zürichberg; für die Schweiz neu, von Focke bestätigt.

*79.* Blättchen oberseits dunkelgrün, unterseits dünnfilzig grau, am Lichte weissfilzig. Endblättchen rhombisch-eiförmig, ± lang zugespitzt. Kronenblätter rötlich. Fruchtknoten langhaarig.*

**Rubus brevis** Gremli, Beitr. Fl. Schweiz 33 (1870). — Syn. VI. 598 (1902). — Fl.$_2$ II 106 (1905).

Kohlfirst, ob Wildensbuch. — Dättenberg bei Elgg. — Gugenhard bei Elgg, im Heidenbühl. — Stoffel, gegen das Rosinli ob Bäretswil, durch die Behaarung der Unterseite der Blättchen einen Übergang zum *R. bavaricus* Focke darstellend. — Hohenasp, zwischen Lindau und Breite. — Mesikerholz bei Fehraltorf. — Altberg, ob Dänikon. — Eggwald, ob Horgen.

*78.* Blütenstand verlängert.*

*80.* (Vergl. *80.** S. 388.) *Kelchblätter nach der Blüte bleibend, zurückgeschlagen oder erst spät sich etwas aufrichtend. Blättchen grob und ungleich, nach vorn oft eingeschnitten gesägt.*

*81. Blättchen unterseits weichhaarig. Endblättchen elliptisch, zugespitzt. Blütenstandachse mit langen, ungleichen Nadelstacheln und Stieldrüsen dicht besetzt. Kronenblätter meist weiss. Fruchtknoten kahl oder flaumig.*

**Rubus Köhleri** W. u. N. in Bluff. u. Fingerh. Comp. Fl. Germ. I. 681 (1825). — Syn. VI. 597 (1902). — Fl.$_2$ I. 259 u. II. 106 (1905). — Fl.$_3$ I. 283 (1909).

Bülacher Hard. — Aurüti am Hüttkopf. — Eine etwas stärker abweichende, durch umfangreichen, pyramidenförmigen, nicht durchblätterten Blütenstand und fast kreisförmige Endblättchen ausgezeichnete Abänderung bei Adlisberg. — Oberrieder Wald.

**Var. apricoides** Rob. Keller.

Differt a typo foliis inaequaliter sed argute serratis, foliolis terminalibus suborbicularibus, basi cordatis, apice abrupte acuminatis.

sepalis post anthesin erectis vel patentibus. — Eggwald, oberhalb Oberrieden. — Von *R. Köhleri,* wie auch Focke bestätigt, wesentlich nur durch abstehende oder aufrechte Fruchtkelche verschieden, dadurch dem an *R. Köhleri* sich anschliessenden *R. apricus* Wimmer gleichend, der als Mittelform zwischen *R. Köhleri* und *R. hirtus* aufzufassen ist. Die Früchte sind auch bei unserer Pflanze gut entwickelt.

*81.* Blättchen beiderseits grün, oberseits weichhaarig. Endblättchen breit-elliptisch bis breit-eiförmig, vorn in eine lange und schmale Spitze ausgezogen. Blütenstand durchblättert, schmal, mit zahlreichen, verhältnismässig kräftigen, unten gekrümmten, oben nadelförmigen Stacheln. Kronenblätter blassrosa. Staubblätter intensiv rot. Griffel am Grunde rot. Fruchtknoten filzig.*

**Rubus roseostamineus** Rob. Keller in Mitteilg. d. nat. Gesellsch. Winterthur VI. 195 (1906).

Tannlibühl, ob Bauma.

*80.* Blättchen oberseits kahl, unterseits weichhaarig, schimmernd. Zahnung scharf, ziemlich gleichmässig und nicht tief. Endblättchen rundlich-eiförmig oder rundlich-elliptisch, am Grunde tief herzförmig, vorn fast plötzlich in eine schmale verlängerte Spitze ausgezogen. Kelchblätter nach der Blüte abstehend, später aufrecht. Kronenblätter weiss, breitverkehrt-eiförmig. Fruchtknoten kahl.*

**Rubus psilocarpus** Rob. Keller in Mitteilg. der nat. Gesellsch. Winterthur VI. 196 (1906).

Aspi, ob Nussbaumen bei Bülach. — Diese Kleinart zeigt mit Originalien des Gremlischen *R. pilocarpus* (auf der uns vorliegenden Etikette von Gremli fälschlich *R. psilocarpus* geschrieben) so grosse Ähnlichkeit, dass wir sie ohne Bedenken mit dieser identifizierten, wenn die Fruchtknoten nicht kahl wären. Kleine Unterschiede, wie etwas weniger kräftige Schösslingsstacheln, weniger kräftige und dichte Bestachelung der Blütenstandachse, Stellung der Seitenblättchen gehen kaum über den Rahmen individueller Abänderungen hinaus. Unsere Art stellt demnach die kahlfrüchtige Abänderung im Formenkreise des *R. pilocarpus* vor.

*Hybride der Köhleriani.*

Rubus brevis Gremli × R. albicomus Gremli —

*77.* Blütenstand mässig lang bis kurz, unten zusammengesetzt, mit meist traubig-wenig-blütigen Ästchen, oberwärts einfach traubig. Auch die grösseren Stacheln meist schwach.*

## n) Glandulosi.

*82.* (Vergl. *82.** S. 395.) *Grössere Schösslingsstacheln verhältnismässig kräftig, meist breit, wenn schwächer unter sich fast gleich (Vergl. auch R. acridentulus).*

*83.* (Vergl. *83.** S. 393.) *Fruchtkelch zurückgeschlagen oder abstehend.*

*84.* (Vergl. *84.** S. 390.) *Staubblätter die Griffel überragend.*

*85.* (Vergl. *85.** S. 389.) *Stieldrüsen der Blütenstiele und der oberen Teile der Blütenstandachse kurz, die meisten die Haare kaum überragend. Blüten klein bis mittelgross. Fruchtknoten behaart.*

*86. Grössere Schösslingsstacheln unter sich fast gleich. Blättchen derb, mit wenig tiefer, ziemlich gleichmässiger Zahnung, die jüngsten unterseits dicht behaart, graugrün. Endblättchen ca. 4mal länger als sein Stielchen, elliptisch, vorn in eine bisweilen ziemlich lange Spitze allmählich ausgezogen. Blütenstand schmal, mit schwarzroten Stieldrüsen.*

**Rubus pseudo-Schleicheri** Rob. Keller in Mitteilg. der nat. Gesellsch. Winterthur VI. 203 (1906).

Tannwald, ob Hünikon.

*86.** *Schösslingsstacheln sehr ungleich. Blättchen weich, ungleich-, vorn buchtig grob gezahnt, unterseits die jüngern an sonnigen Standorten oft weichhaarig schimmernd. Endblättchen 3—4 mal länger als sein Stielchen, verkehrt-eiförmig bis fast kreisrund, oft breit-elliptisch, mit aufgesetzter schmaler, oft langer Spitze. Blütenstand etwas sparrig, flach gipfelig.*

**Rubus humifusus** W. u. N. in Bluff. u. Fingerh. Comp. Fl. Germ. I. 685 (1825). — Syn. VI, 606 (1902). — Fl.$_2$ I. 259 (1905). — Fl.$_3$ 284 (1909).

Ob Bauma bei Bliggenswil am Weg zum Stoffel eine *var. glabrescens* [Vergl. *R. humifusus* W. u. N. *var. glabrescens* Rob. Keller in Mitteilg. der nat. Gesellsch. Winterthur VI. 201 (1906)]. — Eschenberg bei Winterthur. — Hohenasp bei Breite-Brütten.

*85.** *Stieldrüsen die kurzen Haare der Blütenstandachse und Blütenstiele deutlich überragend. Blättchen ungleich grob gesägt. Blütenstand nach oben ± deutlich verjüngt.*

*87.* (Vergl. *87.** S. 390.) *Schösslingsstacheln meist gleich.*

*88. Schössling nach oben scharfkantig, gefurcht, spärlich behaart. Stacheln pfriemlich. Blättchen länglich-eiförmig, allmählich zugespitzt. Blüten gross. Fruchtknoten kahl.*

**Rubus Metschii** Focke, Syn. Rub. Germ. 359 (1877) z. T. — Syn. VI. 608 (1902). — Fl.$_2$ II. 107 (1905).

Von Focke für die nördliche Schweiz angegeben.

*88.* Schössling nach oben stumpfkantig, locker abstehend behaart. Stacheln kurz, breit aufsitzend. Blättchen gross.*

**Rubus flaccidifolius** P. J. Müller Bonplaudia IX. 300 (1861). — Syn. VI. 609 (1902). — Fl.$_2$ II. 108 (1905).

Sanzenberg bei Weiach. — Kohlfirst, eine Modifikation der typischen Form. Blätter sehr gross (Endblättchen bis 15 cm lang und 9 cm breit, auch im Blütenstand zum Teil so gross), zum Teil 3 zählig, zum Teil 5 zählig; nadelförmige Stacheln im Blütenstand sehr zahlreich; Fruchtknoten ± stark behaart, aber bald + vollständig verkahlend. — Stammheimerberg. — Hüttkopf gegen Scheidegg eine Form, die durch die langen Drüsen und aufrechten Kelchblätter Merkmal des *R. hirtus* mit denen des *R. flaccidifolius* kombiniert zeigt. — Vom Hüttkopf auch eine kahlere, dem *R. rivularis* ähnliche Form. — Eggistrasse, wenig ob Bauma. — Altberg, ob Dällikon. — Zimmerberg, im Walde ob Oberrieden.

*87.* Schösslingsstacheln sehr ungleich, zum Teil breit aufsitzend. Schössling nach oben kantig, mit gewölbten oder ebenen Flächen. Blätter meist fussförmig. Endblättchen aus herzförmigem Grunde eilänglich, allmählich lang zugespitzt.*

**Rubus viridis** Kaltenbach Fl. Aach. Beck. 284 (1845). — Syn. VI. 609 (1902).

Stammheimerberg.

*84.** (Vergl. auch *84.*** S. 392.) *Staubblätter ungefähr griffelhoch, bald die Griffel etwas überragend, bald etwas kürzer als dieselben, bald gleich hoch. Endblättchen aus herzförmigem Grunde fast kreisrund oder breit-herzeiförmig.*

*89.* (Vergl. *89.** S. 391.) *Stachelborsten und Stieldrüsen am Schössling sehr ungleich, meist zahlreich. Endblättchen aus herzeiförmigem Grunde lang zugespitzt.*

*90. Schössling kahl oder ± dicht behaart; Stacheln kurz, breit aufsitzend, ziemlich gleich. Nebenblätter tief entspringend, schmal-linealisch-lanzettlich. Blättchen grob und ungleich gesägt, beiderseits grün. Blütenstand unten unterbrochen, durchblättert, oben gedrungen.*

**Rubus thyrsiflorus** W. u. N. in Bluff. u. Fingerh. Comp. Fl. Germ. I. 684 (1825). — Syn. VI. 605 (1902.) — Fl. I. 259 und II. 106 (1905). — Fl.$_3$ 284 (1909).

Alle in der Flora von Winterthur unter *R. teretiusculus* Kaltenb. angegebenen Formen und Standorte beziehen sich auf den äusserst vielgestaltigen, namentlich auch in der Behaarung sehr veränderlichen *R. thyrsiflorus* W. u. N. — Gugenhard bei Elgg. — Lindberg bei Winterthur, am Weg nach Reutlingen. — Beim Bäumli. — Eschenberg, ob Seen. — Eschenberg bei Winterthur, ob dem Vogelsang. — Eschenbergerhof. — Ebnet, ob Töss. — Wolfensberg, zwischen Wülflingen und Veltheim. — Winterberger Steig, ob Kemptthal. — Wolfbrunnenhau, zwischen Breite und Brütten. — Geretswil am Schauenberg. — Schneitberg bei Elgg, nicht ganz typisch. — Eichbühl, zwischen Seen und Räterschen. — An der Strasse nach Kyburg. — Zwischen Bassersdorf und Gerlisberg. — Bahholz bei Bassersdorf. — Brahhalde, zwischen Bassersdorf und Kloten. — Zwischen Bassersdorf und Dietlikon. — Klösterli, am Zürichberg. — Zwischen Tobelhof und Adlisberg, eine Form mit der feineren Zahnung des *R. acridentulus* und den längeren Stieldrüsen des *R. hirtus*. — Mettmenstetten, in der Schuppiss; Form mit ziemlich grossem, reich durchblättertem Blütenstand.

*90.* Schössling kahl. Stacheln zahlreich, kräftig, kurz. Nebenblätter ziemlich hoch entspringend, schmal-linealisch-lanzettlich. Blättchen etwas starr, mit ungleicher, scharfer, wenig tiefer Zahnung, unterseits graugrün, weichhaarig, fast sametartig anzufühlen, schimmerd. Blütenstand schmal, bis zur Mitte durchblättert. Kelchblätter nach der Blüte abstehend oder zum Teil auch aufgerichtet. Fruchtknoten kahl.*

**Rubus fallens** Rob. Keller in Bull. de l'Herb. Boiss. 2me série IV. 424 (1904). — Fl.$_2$ II. 107 (1905).

Vor Allenwinden am Hörnli.

*89.** (Vergl. auch *89.*** S. 392). *Schössling feinstachelig. Blättchen breit-elliptisch bis fast kreisrund, tief ausgerandet, mit feiner, scharfer Zahnung. Kelch bald nach der Blüte sich ± aufrichtend.*

**Rubus acridentulus** P. J. Müller in Boulay, Ronc. Vosg. Nr. 33 und 43 (1866). — Syn. VI. 606 (1902).

Nussbaumen bei Bülach; nicht typisch, dem *R. foliosus* nicht unähnlich und von ihm vor allem durch die längeren Stieldrüsen und Drüsenborsten verschieden. — Hohenasp zwischen Breite bei Brütten und Lindau. — Altberg ob Dällikon.

*89.** Stacheln fast gleich, ziemlich derb, Stieldrüsen am Schössling meist sehr sparsam, bisweilen über ein bis mehrere Interfolien selbst fehlend. Blättchen beiderseits grün.*

*91. Endblättchen breit-eiförmig bis fast kreisrund, vorn plötzlich in eine ± lange Spitze zusammengezogen, am Grunde herzförmig. Blütenstand locker. Staubblätter die Griffel etwas überragend. Fruchtknoten langhaarig.*

**Rubus helveticus** Gremli, Beitr. z. Fl. d. Schweiz 36 (1870). — Syn. VI. 606 (1902). — Fl.$_2$ II. 106 (1905).

Orfeln bei Stäg. — Brandholz ob Bauma. — Am Stoffel; Weg von Oberhittnau zum Rosinli. — Beerenberg bei Wülflingen. — Eschenbergerhof bei Winterthur. — Zwischen Illnau und Effretikon. — Zürichberg, ob Schwamendingen.

**Var. euoplus** Rob. Keller

Vom Typus abweichend durch die reiche Bestachelung der Schösslinge nach Blütenstandachse und Blattstiele. Fruchtknoten kahl. Griffel rot. — Klösterli, ob Schwamendingen am Zürichberg.

*91.* Endblättchen herzeiförmig, breit zugespitzt. Blütenstand dicht, fast geknäuelt, im Umriss fast kugelig oder eiförmig, zur Fruchtzeit verlängert und schmal. Staubblätter kaum so hoch wie die Griffel. Fruchtknoten filzig.*

**Rubus densiflorus** Gremli, Beiträge z. Fl. d. Schweiz 36 (1870). — Fl.$_2$ II. 107 (1905).

Altberg ob Dällikon, eine drüsenreiche Form. — Beim Reservoir auf dem Eggwald ob Horgen. — Im Walde zwischen Affoltern im Amt und Dachelsen.

*84.** Staubblätter einreihig, viel kürzer als die Griffel. Schössling mit sehr zahlreichen schwarzroten, meist ziemlich kurzen Stieldrüsen. Kräftigere Stacheln unter sich ziemlich gleich, zahlreich, aus verbreitertem Grunde plötzlich pfriemlich verschmälert. Nebenblätter hoch entspringend, fädlich. Blättchen beiderseits grün. Endblättchen breitelliptisch bis fast kreisförmig. Blütenstand fast bis zur Spitze durchblättert, mit zahlreichen, die Haare nicht überragenden, roten Stieldrüsen und schwachen Stacheln.*

**Rubus turicensis** Rob. Keller in Bull. de l'Herb. Boiss. 2$^{me}$ série IV. 423 (1904). — Fl.$_2$ II. 107 (1905).

Ramsberg, ob Turbenthal.

*83.* Fruchtkelch aufrecht, der Frucht bisweilen nur locker anliegend. Endblättchen breit-elliptisch bis fast kreisförmig* (Vergl. auch *R. fallens* und *R. acridentulus*).

*92.* (Vergl. *92.** S. 394.) *Fruchtknoten kahl.*

*93. Schössling behaart, kräftig, mit sehr zahlreichen Stieldrüsen und Stachelborsten, sowie zahlreichen, ziemlich langen, am Grunde verbreiterten, unter sich ziemlich gleichen Stacheln. Blätter fussförmig 5zählig; Zahnung wenig tief. Blättchen unterseits weichhaarig. Blütenstand bald schmal, kaum verjüngt, bald breiter nach oben verjüngt, mit sehr zahlreichen Stieldrüsen und Stachelborsten. Blüten ziemlich klein. Kronenblätter länglich verkehrt-eiförmig. Staubblätter kürzer als die Griffel.*

**Rubus heterothyrsus** Rob. Keller in Mitteilungen der naturw. Gesellsch. Winterthur VI. 198 (1906).

Brandholz, ob Bauma. — Der Formenkreis des *R. thyrsiflorus* W. u. N. geht bei uns in einen verschiedene „Kleinarten" umfassenden Formenkreis über, der ersteren mit dem Kreise des *R. hirtus* oder verwandter *Glandulosi* verbindet. Von diesen haben sie vor allem die charakteristischen Drüsen, meist in beschränkterer Zahl und die aufgerichteten Fruchtkelche, während sie im übrigen dem *R. thyrsiflorus* nahe stehen. Durch die Feinheit der Bezahnung und die zahlreichen feinen Stacheln erinnert die vorliegende Form an *R. acridentulus.*

*93.* Staubblätter die Griffel überragend.*

*94. Schössling fast kahl, mit zahlreichen pyramidenförmigen Stacheln und spärlichen kürzeren und längeren Stieldrüsen und Stachelborsten. Laubblätter vorherrschend 3zählig. Zahnung ungleich, mässig tief. Blütenstand stark entwickelt, breit, pyramidenförmig, mit ungleichen, meist schwarzroten Stieldrüsen. Kronenblätter breit-verkehrt-eiförmig.*

**Rubus ronensis** Rob. Keller in Mitteilgn. der nat. Gesellschaft Winterthur VI. 201 (1906).

Am Stoffel. – In der Nähe der Säge am Fusse der Hohen Rhone bei Hütten.

*94.* Schössling sehr spärlich behaart, mit zahlreichen gelblichen Stieldrüsen, Stachelborsten und schwach rückwärts gerichteten Stacheln. Blätter 3zählig, spärlich behaart. Endblättchen 6—7mal länger als sein Stielchen, rundlich-verkehrteiförmig, tief herzförmig, vorn plötzlich in eine schmale*

*Spitze zusammengezogen. Blütenstand oben gedrungen, mit zahlreichen ungleichen Stieldrüsen und Stachelborsten und geraden Stacheln.*

**Rubus thyrsifloroglandulosus** Rob. Keller in Bull. de l'Herb. Boiss. 2me série IV. 426 (1904). — Fl.2 II. 107 (1905).

Albis-Hochwacht.

*92.* Fruchtknoten behaart.*

*95.* (Vergl. *95.** S. 395.) *Staubblätter etwas kürzer als die Griffel.*

*96.* (Vergl. *96.** S. 394.) *Schössling spärlich behaart.*

*97. Schössling kräftig, mit zahlreichen ungleichen rötlichen Stieldrüsen und Stachelborsten, kräftigere Stacheln aus breitem Grunde nadelförmig pfriemlich, fast gleich. Blättchen mit feiner, scharfer Zahnung. Endblättchen fast kreisrund, tief herzförmig, mit kurzer, aufgesetzter Spitze. Blütenstand pyramidenförmig, mit zahlreichen schwarzroten ungleichen Stieldrüsen.*

**Rubus desmodes** Rob. Keller in Mitteilungen der nat. Gesellsch. Winterthur VI. 199 (1906).

Brandholz, ob Bauma.

*97.* Schössling fast kahl, mit zahlreichen kurzgestielten, schwarzroten Stieldrüsen, kurzen Stachelborsten und kräftigeren, aus breiter Basis hakig gekrümmten, unter sich fast gleichen Stacheln. Endblättchen breit-elliptisch, am Grunde herzförmig, nach vorn in eine lange, schmale, säbelförmig gekrümmte Spitze ausgezogen. Kelchblätter lang und schmal. Staubblätter einreihig. Griffel rötlich.*

**Rubus stenocalycinus** Rob. Keller in Mitteilungen der nat. Gesellsch. Winterthur VI. 214 (1906).

Schönau am Gottschalkenberg. — Die Art nimmt eine Mittelstellung ein zwischen *R. thyrsiflorus* oder *R. helveticus* u. *R. Güntheri.*

*96.* Schössling dicht behaart, mit sehr zahlreichen langen Stieldrüsen und Stachelborsten und kurzen, am Grunde etwas verbreiterten, braunroten, ziemlich gleichen Stacheln. Endblättchen rundlich-eiförmig, tief herzförmig, vorn in eine scharfe Spitze zusammengezogen. Blütenstand schmal, unterbrochen.*

**Rubus thyrsifloroideus** Rob. Keller in Bull. de l'Herb. Boiss. 2me série IV. 425 (1904). — Fl.2 II. 107 (1905).

Eschenberg, bei Winterthur. — Oberrieder Wald, vom Typus durch den etwas sparrigen Blütenstand abweichend.

*95.* Staubblätter etwas länger als die Griffel.* (Vergl. *R. thyrsi-floroglandulosus*).

*82.* Schösslingsstacheln schmal, pfriemlich oder borstenförmig. Fruchtkelch der Frucht dicht oder locker anliegend.* (Vergl. auch *R. acridentulus, R. fallens* und *R. heterothyrsus*).

*98. Blätter 3zählig. Blättchen gross, einander fast gleich, gleichmässig und klein gesägt. Endblättchen elliptisch, mit aufgesetzter, lanzettlicher Spitze. Blütenstand rotdrüsig. Staubblätter die Griffel überragend. Fruchtknoten kahl.*

**Rubus Bellardii** W. u. N. in Bluff. u. Fingerh. Comp. Fl. Germ. I. 688 (1825). — Syn. VI. 610 (1902). — Fl.$_2$ I. 260 u. II. 108 (1905). — Fl.$_3$ I. 284 (1909).

Wasterkingen. — Im Vogelsang bei Eglisau. — Am Hattenberg bei Trüllikon. — Stammheimerberg. — Im Tösswald am Hüttkopf; hier neben der typischen Form eine *f. incisoserulata*, deren Endblättchen die normale Zahnung zeigt, während die Seitenblättchen eingeschnitten gezahnt sind, und damit sich an die Gestalt der Blätter des *R. hirtus* anlehnen. — Schauenberg bei Schlatt. — Zwischen Kyburg und Kemptthal. — Altberg ob Dällikon. — Sagitobel am Zürichberg. — Ob Schwamendingen.

*98.* Blätter 3—5zählig. Blättchen mittelgross bis klein, wenn gross kreisförmig bis breit-elliptisch und weniger gleichmässig gezahnt.*

*99.* (Vergl. *99.** S. 409.) *Stieldrüsen der Schösslinge und des Blütenstandes ± intensiv rot gefärbt, selten (R. serpens und Verwandte) fast gelblich verblassend. (Die Stieldrüsen des Blütenstandes zeigen in der Regel eine intensivere Färbung als die Stieldrüsen des Schösslings.)*

*100.* (Vergl. *100.** S. 405.) *Stieldrüsen des Schösslings und des Blütenstandes rot, selten fast gelblich verblassend.*

*101.* (Vergl. *101.** S. 399.) *Staubblätter die Griffel überragend.*

*102.* (Vergl. *102.** S. 399.) *Schössling meist dicht behaart. Endblättchen 2—3mal länger als sein Stielchen, meist länglich oder elliptisch.*

*103.* (Vergl. *103.** S. 398.) *Stieldrüsen sehr ungleich, neben kürzeren zahlreiche längere.*

*104.* (Vergl. *104.** S. 398.) *Achsen mit zahlreichen Drüsenborsten. Blättchen vorherrschend 3zählig. Endblättchen elliptisch, nach vorn allmählich zugespitzt. Blättchen ziemlich grob-, nach vorn oft eingeschnitten gezahnt.*

**Rubus hirtus** W. K. Plant. var. Hung. II. 150 t. 114 (1805). — Syn. VI. 611 (1902). — Fl.$_2$ I. 260 und II. 108 (1905). — Fl.$_3$ I. 284 (1909).

Stammheimerberg. — Brandholz ob Bauma; hier auch in Formen, die durch die lang vorgezogene Zuspitzung der Endblättchen dem *R. celtifolius* Gremli ähnlich sind. — Stoffelberg, ob Bauma. — Eggistrasse, Bauma gegen den Allmann. — Schauenberg ob Schlatt, eine kurzdrüsige Abänderung. — Vogelsang, im Brühlbachtobel bei Kyburg. — Lindberg bei Winterthur. — Effretikon, eine nicht ganz typische Abänderung. — Im Walde ob Reitenbach bei Fehraltorf. — Im Wald bei Oberglatt. — Eggwald ob Horgen, eine *f. rigurosa*, die, wie auch Focke bestätigt, dem *R. hennebergensis* Sagorski nahe steht, ohne vollständige Gleichheit zu zeigen. — Homberg, vor Paradies bei Mettmenstetten.

*a)* (Vergl. *a** S. 397.) *Endblättchen schmal, länglich-eiförmig bis länglich-verkehrt-eiförmig oder schmal-elliptisch.*

*b)* (Vergl. *b**. S. 397.) *Stacheln sehr ungleich, aber alle fein, nadel- oder borstenförmig.*

*c) Schössling behaart.*

*d) Blättchen tief und unregelmässig eingeschnitten gezahnt. Endblättchen länglich-verkehrt-eiförmig, plötzlich in eine lange Spitze ausgezogen.*

**Rubus celtifolius** Focke in Gremli, Beiträge z. Fl. d. Schweiz 33 (1870). — Syn. VI. 612 (1902). — Fl.$_2$ 108 (1905).

Bettswil. — Bäretswil.

*d)* Schössling dicht behaart, mit sehr langen und dünnen Drüsenborsten. Endblättchen schmal-elliptisch, allmählich zugespitzt.*

**Rubus tenuiglandulosus** Gremli in öst. bot. Zeitschr. XXI. 97 (1871).

Zürichberg (Gremli).

*c)* Schössling kahl, braunrot, sehr dicht mit rötlichen Drüsenborsten und feinen borstenähnlichen Stacheln bekleidet. Blättchen länglich-elliptisch, allmählich in eine lange Spitze ausgezogen. Stieldrüsen des Blütenstandes schwarzrot. Kronenblätter länglich-verkehrt-eiförmig. Fruchtknoten behaart.*

**Rubus rufescens** Rob. Keller in Mitteilungen der nat. Gesellsch. Winterthur VI. 206 (1906).

Schneitberg bei Elgg, eine dem *R. tenuiglandulosus* Gremli nahestehende Kleinart.

*b)* Kräftige Pflanze mit etwas stärkeren Stacheln und schmalen, allmählich zugespitzten Blättchen.*

**Rubus posoniensis** Sabransky, Verh. der zool. bot. Ges. Wien XXXVI. 90 (1986). — Syn. VI. 612 (1902). — Fl.$_2$ II. 108 (1905).

Diesem Formenkreise zähle ich die durch schmale Blättchen ausgezeichneten Abänderungen des *R. hirtus* zu. Sie sind vom typischen *R. posoniensis* dadurch abweichend, dass sie mit ihm nicht den kräftigen Wuchs und den auffallend starken Blütenstand teilen, vielmehr in diesem Merkmal sich an den typischen *R. hirtus* anschliessen. — Schneitberg bei Elgg. — Unterholz bei Mettmenstetten. — Gottschalkenberg, ob Hütten.

*a)* Endblättchen nicht auffallend schmal, meist eiförmig oder elliptisch.*

*e) Stieldrüsen des Schösslings und der Blütenstandachse gleich, aus sehr zahlreichen ungleichen Stieldrüsen gebildet, deren längste die Länge der Stachelborsten erreichen.*

*f) Schössling behaart. Kronenblätter weiss, sehr schmal. Griffel grün. Fruchtknoten kahl.*

**Rubus sordidus** Gremli in öst. bot. Zeitschr. XXI. 98 (1871).

Ob Atlikon.

*f)* Stacheln fein, im obern Teil des Blütenstandes oft fehlend. Drüsenborsten ca. 2—3mal länger als der Durchmesser der Blütenstiele. Endblättchen elliptisch, grob gezahnt, lang zugespitzt. Griffel grün. Fruchtknoten behaart.*

**Rubus erythradenes** P. J. Müller Bonpl. 288 (1861). — Syn. VI. 613 (1902). — Fl.$_2$ II. 108 (1905).

Ob Watt gegen Rümlang. — Zwischen Scheidegg und Hüttkopf. — Vor Wolfsgrube, unterhalb vom Hüttkopf. — Im Tösswald am Hüttkopf. — Zwischen Illnau und Fehraltorf. — Ob der Säge bei Hütten am Gottschalkenberg eine nicht ganz typische an *R. Kaltenbachii* erinnernde Modifikation. Stacheln und Drüsen am Schössling ziemlich bleich, letztere wenigstens zum Teil im Blütenstand schwarzrot. Grössere Drüsenborsten der Blütenstiele nur etwa zweimal so lang als ihr Querdurchmesser, meist aber nur etwa so lang wie dieser. Zahnung der Blättchen zwar ungleich, aber durchgängig fein. Endblättchen ca. 3—4 mal länger als sein Stielchen, elliptisch, am Grunde gestutzt oder schwach ausgerandet, nach vorn in eine schmale, säbelförmig gekrümmte Spitze ausgezogen. Blütenstand etwas nickend, Staubblätter griffelhoch.

*e)* Zahlreiche, auffallend kurze Stieldrüsen.*

*g) Unterer Teil des Schösslings mit sehr zahlreichen kurzen Stieldrüsen. Unterer Teil des Blütenstandes sehr drüsenarm, oberer normal drüsig.*

**Rubus diversiglandulosus** Rob. Keller in Mitteilg. der nat. Gesellsch. Winterthur VI. 205 (1906).

Am Stoffelweg, ob Bauma. — Am Schneitberg bei **Elgg**, eine in der Ungleichheit der Drüsen ähnliche, habituell aber durch ihre Zartheit abweichende Form.

*g)* Verteilung der sehr ungleichen, aber auffallend kurzen Stieldrüsen, deren längste kaum ein Viertel des Querdurchmessers des Schösslings erreichen, gleich. Blättchen auffallend tief und ungleich eingeschnitten gesägt. Endblättchen breit-eiförmig, am Grunde tief herzförmig, lang zugespitzt. Stieldrüsen im Blütenstand meist nur halb so lang wie der Querdurchmesser der Achse.*

**Rubus incisus** Rob. Keller in Bull. de l'Herb. Boiss. sec. série *IV.* 429 (1904).

Eggwald, ob Horgen.

*104.* Schössling dicht behaart, gleich den Blütenachsen mit zahlreichen sehr langen, feinen Drüsenborsten und ungleichen Stacheln reichlich besetzt. Blätter meist fussförmig 5zählig. Endblättchen länglich, allmählich zugespitzt, beiderseits zerstreut behaart. Fruchtknoten filzig kurzhaarig.*

**Rubus rivularis** P. J. Müller u. Wirtgen, Herb. Rub. Rhen. ed. *I.* Nr. 104 (1858). — Syn. VI. 618 (1902).

Brandholz, ob Bauma. — Ramsberg ob Turbenthal, dem *R. rivularis* stark genährte Form des *R. hirtus*. — Tösswald am Hüttkopf, eine *f. foliolis grosse serratis.*

*103.* Stieldrüsen kurz. Stacheln sehr fein, borstlich. Kronenblätter länglich-keilförmig. Griffel namentlich gegen den Grund rot. Fruchtknoten zottig behaart.*

**Rubus gracilicaulis** Gremli öst. bot. Zeit. XXI. 125 (1871). — Syn. VI. 619 (1902). — Fl.$_2$ II. 109 (1905).

Im Ebnet, ob Töss. — Zwischen Illnau und Fehraltorf. — Zwischen Gutenswil und Illnau. — Die androdynamische Form von *R. gracilicaulis* ist

**Rubus pulchellus** Gremli in öst. bot. Zeit. XXI. 125 (1871). — Syn. VI. 619 (1902). — Fl. II. 109 (1905).

Eggistrasse, ob Bauma gegen den Allmann, eine kräftige, stachelreiche Modifikation der Gremlischen Art. — Ähnlich am Stössel, ob Betswil bei Bäretswil.

*102.* Schössling ± behaart. Blätter 3—5zählig. Blättchen gleichmässig klein-gesägt. Endblättchen breit-elliptisch bis fast kreisrund.*

**Rubus hercynicus** G. Braun in Focke Syn. Rub. Germ. 370 (1877). — Syn. VI. 614 (1902). — Fl.$_2$ II. 108 (1905).

Stammheimerberg. — Brandholz, ob Bauma. — Beim Brunnen auf dem Stössel, ob Bäretswil, eine spärlich behaarte Abänderung [*R. Harcynicus var. glabratus* Rob. Keller in Mitteilg. der nat. Gesellsch. Winterthur VI. 206 (1906)]. — Mesiker Holz bei Fehraltorf. — Ob Watt bei Rümlang.

*101.** (Vergl. auch *101.*** S. 401.) *Staubblätter ungefähr griffelhoch oder nur wenig kürzer oder länger als die Griffel.*

*105.* (Vergl. *105.** S. 400.) *Endblättchen breit.*

*106.* (Vergl. *106.** S. 400.) *Blättchen unterseits samtartig behaart, schimmernd. Fruchtknoten behaart.*

*107. Blättchen unterseits weich samtartig. Endblättchen fast kreisrund, am Grunde tief herzförmig, vorn in eine lange, säbelförmig gekrümmte Spitze ausgezogen. Blütenstand traubig.*

**Rubus botryoides** Rob. Keller in Bull. de l'Herb. Boiss. 2$^{me}$ série 431 (1904).

Rappenhalde bei Effretikon.

*107.* Blättchen oberseits glänzend, unterseits durch reichlich anliegende Behaarung rauh, samtartig anzufühlen. Endblättchen breit-verkehrt-eiförmig oder breit-elliptisch mit aufgesetzter Spitze. Blütenstand fast doldentraubig abschliessend.*

**Rubus lamprophyllus** Gremli in öst. bot. Zeitschr. XXI. 74 (1871). — Syn. VI. 618 (1902). — Fl.$_2$ II. 108 (1905).

Eggistrasse, ob Bauma. — Winterberger Steig, ob Kemptthal. — Fast auf der Höhe des Stoffels eine hierher gehörige Form, welche die nahen Beziehungen des *R. polyacanthus* und des *R. lamprophyllus* beweist. Sie zeigt die kräftigere Bestachelung des erstern, wie die spärlichere Behaarung des Schösslings, die Staubblätter sind aber so lang wie die Griffel oder überragen sie um ein geringes.

*106.* Schössling fast kahl, mit zahlreichen rötlichen Stieldrüsen und ziemlich kräftigen nadelförmigen Stacheln. Blätter fussförmig 5zählig. Blättchen beiderseits zerstreut behaart, grob und scharf-, nach vorn eingeschnitten gesägt. Endblättchen aus herzförmigem Grunde rundlich-eiförmig, nach vorn allmählich lang zugespitzt. Blütenstand pyramidenförmig. Blüten gross. Fruchtknoten kahl.*

**Rubus confinii** Rob. Keller in Mitteilungen der nat. Gesellschaft Winterthur VI. 216 (1906).

Dreiländerstein auf der Hohen Rhone.

*105.* Endblättchen schmäler, elliptisch bis länglich-eiförmig oder länglich-verkehrt-eiförmig.*

*108.* (Vergl. *108.** S. 401.) *Fruchtknoten kahl.*

*109.* (Vergl. *109.** S. 400.) *Blütenstand schmal, oft traubig, ungefähr gleich breit.*

*110. Schössling dicht mit ungleichen Stieldrüsen, Drüsenborsten und Stacheln besetzt. Endblättchen 3—4mal länger als sein Stielchen, eiförmig, breit zugespitzt. Blütenstand sehr schmal; Ästchen kurz, die unteren 2—3blütig, die oberen einblütig.*

**Rubus schaubergensis** Rob. Keller in Bull. de l'Herbier Boissier 2me série IV. 430 (1904).

Am Schauenberg, gegen Oberschlatt.

*110.* Schössling mit kurzen, leicht gekrümmten, stärkeren und geraden, längeren nadelförmigen Stacheln. Endblättchen 3—4mal länger als sein Stielchen, länglich-verkehrt-eiförmig bis herzeiförmig, lang zugespitzt. Blütenstand traubig, mit kurzhaarig filzigen Achsen und gedrängten, den Filz wenig überragenden Stieldrüsen.*

**Rubus serpens** Weihe in Lej. u. Const. Comp. fl. belg. II. 172 (1831). — Syn. VI. 622 (1902). — Fl.3 II. 109 (1905).

Von nachfolgenden Standorten, jedoch nicht immer in ganz typischen Formen, indem die Drüsen nicht zu selten jenen des *R. hirtus* sich etwas nähern. — Kohlfirst. — Stoffelweg, ob Bauma. — Ramsberg bei Turbenthal. — Beerenberg bei Pfungen. — Hohe Rhone beim Dreiländerstein; auch gegen Gottschalkenberg, hier auch in dunkeldrüsigen Modifikationen.

*109.* Blütenstand bis zur Spitze durchblättert, Gipfel trugdoldig abschliessend.* Vergl. *R. psilophyllus.*

*108.* Fruchtknoten behaart. Blättchen seicht gesägt; Endblättchen elliptisch. Blütenstand traubig, wenn reichlich entfaltet sparrig, mit gedrängten, verhältnismässig kräftigen nadelförmigen und krummen Stacheln.*

**Rubus divexiramus** P. J Müller in Boulay Ronces Vosg. (1866). — Syn. VI. 620 (1902). — Fl.$_2$ II. 109 (1905).

Eine der Müllerschen Art ähnliche Form auf der Hochwacht am Kohlfirst ob Wildensbuch. Durch die dunkeln Drüsen nähert sie sich dem *R. violaceus* Boulay. — Zwischen Andelfingen und Oberwil. — In einer leichten Abänderung von Storchenegg am Hörnli. — Mesiker Holz bei Fehraltorf eine kräftige, derbstachelige, stark bewehrte und dadurch dem *R. apertiflorus* P. J. M. nahestehende Form.

*101.** Staubblätter kürzer als die Griffel, ein- oder wenig reihig.*

*111.* (Vergl. *111.** S. 404.) *Stieldrüsen des Blütenstandes ungleich, doch auch die kürzeren zwei- oder mehrfach so lang wie der Querdurchmesser der Blütenstiele.*

*112.* (Vergl. *112.** S. 404.) *Endblättchen meist breit, elliptisch, verkehrt-eiförmig oder fast kreisförmig, beiderseits grün.*

*113.* (Vergl. *113.** S. 402.) *Schössling mit roten Stieldrüsen.*

*114. Schössling spärlich behaart. Blätter 3—5zählig, ausgewachsen, oberseits fast kahl, unterseits feinhaarig. Zahnung wenig tief, gleichmässig. Endblättchen plötzlich in eine ziemlich lange, schlanke, säbelförmig gebogene Spitze auslaufend. Griffel grünlich. Fruchtknoten kahl oder ± dicht behaart.*

**Rubus Bayeri** Focke in öst. bot. Zeitschr. XVIII. 99 (1868). — Syn. VI. 615 (1902). — Fl.$_2$ II. 109 (1905).

Zwischen Kloten und Dietikon (vielleicht durch Kreuzung mit einer stärker behaarten Kleinart beeinflusst). — Tösswald am Hüttkopf. — Stössel ob Betswil bei Bäretswil — Brühlberg bei Winterthur. — Hohe Rhone.

*114.* Griffel rot.*

*115. Schössling abstehend behaart, mit sehr zahlreichen feinen Stieldrüsen. Zahnung der spärlich behaarten Blättchen zum Teil klein, zum Teil nach vorn eingeschnitten. Endblättchen eiförmig, am Grunde tief herzförmig, nach vorn allmählich in eine oft verlängerte Spitze ausgezogen. Blütenstand schmal, nach oben mit dunkel gefärbten Stieldrüsen. Blüten ziemlich gross. Fruchtknoten behaart.*

**Rubus pseudo-Bayeri** Rob. Keller in Mitteilg. der nat. Gesellsch. Winterthur VI. 207 (1906).

Gottschalkenberg. — Eine dem *R. Bayeri* Focke verwandte Kleinart. Die Farbe der Drüsen am Schössling und am unteren Teil der Blütenstandachse, zum Teil auch die Zahnung, vor allem aber die verhältnismässig spärlichen und kurzen Staubblätter weisen auf den Formenkreis des *R. Bayeri* Focke. In der Blattgestalt, zum Teil auch in der Zahnung, durch das dunklere Kolorit der Drüsen des oberen Teiles des Blütenstandes und in der Blütengrösse weicht unsere Kleinart von *R. Bayeri* ab.

*115.* Blättchen oberseits reichlicher behaart als unterseits. Endblättchen mit tief herzförmigem Ausschnitt. Blütenstand fast traubig. Kronenblätter weiss, sehr schmal. Griffel rot. Fruchtknoten kahl.*

**Rubus brevipes** Gremli in öst. bot. Zeit. 96 (1871).

Stössel, ob Betswil bei Bäretswil. — Gottschalkenberg; hier meist mit etwas dunkler gefärbten Drüsen; hier auch eine sehr spärlich behaarte Abänderung. — Der Gremlischen Art schliesst sich auch eine Form vom Brandholz bei Bauma an, deren Blütenstand sehr üppig entwickelt und reichlich durchblättert ist.

*115.** Schössling spärlich behaart, dicht bewehrt. Stieldrüsen zum Teil ziemlich dunkel gefärbt. Blättchen unterseits fast aschgrau. Blütenstand locker rispig, bis oben durchblättert, oberste Blätter einfach. Blütenstand sehr reichlich mit feinen Stacheln und ziemlich dunkeln Stieldrüsen bekleidet. Fruchtknoten filzig, bald kahl werdend.*

**Rubus polyacanthus** Gremli in öst. bot. Zeitschr. 95 (1871). — Syn. VI. 615 (1902).

Von nachfolgenden Standorten liegen Formen vor, die sich dem *R. polyacanthus* Gremli so nähern, dass sie seinem Formenkreis eingereiht werden dürfen. — Stoffel, ob Hof. — Eggistrasse, ob Bauma. — Auf der Höhe des Stoffel eine vom typischen *R. polyacanthus* durch längere Staubblätter abweichende Form. — Schönau bei Hütten, eine gegen *R. Bayeri* abändernde Form.

*113.* Stieldrüsen am Schössling blassrot bis gelblich.*

*116.* (Vergl. *116.** S. 403.) *Fruchtknoten behaart, Griffel grün.*

*117.* (Vergl. *117.** S. 403.) *Blütenstand schmal, nach oben sich kaum verjüngend.*

*118. Schössling behaart. Blätter dreizählig, zerstreut behaart. Blättchen eingeschnitten gezahnt, Zähne spitz. Endblätt-*

*chen herzeiförmig, allmählich zugespitzt. Blütenstandachse zottig behaart, zickzackförmig hin- und hergebogen. Blütenstand bis zur Mitte oder darüber durchblättert, mit blassroten Stieldrüsen.*

**Rubus heteroclines** Rob. Keller in Mitteilg. der nat. Gesellsch. Winterthur VI. 207 (1906).

Allmann. Eine dem Formenkreise des *R. Bayeri* Focke sich anschliessende Kleinart. Mit dieser teilt sie die Helldrüsigkeit, die fast einreihigen, die Griffel nicht überragenden Staubblätter, die schmalen, reichlich bestachelten Blütenstände, weicht indessen ab durch die grobe Zahnung der Blättchen, die auffallend zickzackförmig hin- und hergebogene Achse, den stark durchblätterten Blütenstand. Durch die starke Bestachelung erinnert sie an Gremlis *R. polyacanthus.*

*118.* Schössling fast kahl. Laubblätter 3zählig gefingert oder fussförmig 5zählig, beiderseits fast kahl. Zahnung wenig tief. Endblättchen rundlich-elliptisch, gross, vorn in eine lange säbelförmig gekrümmte Spitze ausgezogen. Blütenstand fast traubig, überhängend, flach abschliessend. Fruchtknoten an der Spitze zottig behaart.*

**Rubus pendulinus** Rob. Keller in Mitteilungen der nat. Gesellsch. Winterthur VI. 222 (1906).

Stössel, ob Betswil bei Bäretswil.

*117.* Schössling fast kahl, mit sehr zahlreichen bleichen Stieldrüsen. Blätter 3zählig. Blättchen gross, untereinander fast gleich, gleichmässig klein gesägt; beiderseits fast kahl, herzförmig-elliptisch mit aufgesetzter Spitze. Blütenstand lang, sparrig ausgebreitet, pyramidenförmig, mit spärlichen, nadelförmigen Stacheln. Blütenstiele lang, dünn. Kronenblätter weiss oder blassrosa, spatelig. Griffel grün.*

**Rubus patuliflorus** Rob. Keller in Mitteilungen der nat. Gesellsch. Winterthur VI. 210 (1906).

Allmann.

*116.* Laubblätter 3—5zählig, oberseits zerstreut behaart bis kahl, unterseits grün, ± dicht anliegend behaart, glänzend. Endblättchen gross, elliptisch, mit aufgesetzter Spitze. Stieldrüsen des Blütenstandes schwarzrot. Fruchtknoten kahl. Griffel intensiv rot.*

**Rubus allmannensis** Rob. Keller in Mitteilungen der nat. Gesellsch. Winterthur VI. 211 (1906).

Auf der Höhe des Allmann.

*112.* Endblättchen schmäler, elliptisch oder eiförmig, 4—5mal länger als sein Stielchen, am Grunde herzförmig, nach vorn allmählich und oft lang zugespitzt, unterseits graugrün, in der Jugend fast weissfilzig, mit feiner, scharfer Zahnung. Blütenstandachse rotdrüsig. Staubblätter rosenrot. Griffel gelblich-grün. Fruchtknoten kahl.*

**Rubus abieticollinus** Rob. Keller in Mitteilungen der nat. Gesellsch. Winterthur VI. 220 (1906).

Häufig auf Tannlibüel, ob Bauma.

*111.* Stieldrüsen im Blütenstand meist kürzer als der Querdurchmesser der Blütenstiele.*

*119.* (Vergl. *119.** S. 404.) *Schössling behaart; Fruchtknoten behaart.*

*120. Nadelförmige Stacheln den Durchmesser der Achsen kaum erreichend. Laubblätter ziemlich gleichmässig und scharf gesägt. Endblättchen elliptisch, ca. 7½mal so lang als sein Stielchen, vorn allmählich in eine lange, leicht säbelförmig gekrümmte Spitze ausgezogen.*

**Rubus celtoideus** Rob. Keller in Mitteilungen der nat. Gesellsch. Winterthur VI. 217 (1906).

Brandholz bei Bauma.

*120.* Schössling zart, mit zahlreichen feinen, borstlichen Stacheln. Endblättchen rhombisch-elliptisch, ohne aufgesetzte Spitze. Blütenstand sparrig. Griffel am Grunde rot.*

*119.* Schössling kahl; Fruchtknoten kahl.*

*121. Schössling dicht mit gelblichen Drüsenborsten und Stieldrüsen besetzt. Blättchen sehr fein, aber scharf gesägt, unterseits weichhaarig, seidig schimmernd. Endblättchen gross, eiförmig bis elliptisch, tief herzförmig ausgeschnitten, vorn allmählich in eine ± verlängerte Spitze auslaufend. Stieldrüsen im Blütenstand gelblich. Griffel grün.*

**Rubus brevistamineus** Rob. Keller in Mitteilg. der nat. Gesellsch. Winterthur VI. 219 (1906).

Tannlibüel, ob Bauma.

*121.* Blättchen beiderseits kahl oder sehr zerstreut behaart, mit scharfer, mässig tiefer Zahnung. Endblättchen eiförmig*

*oder rundlich-eiförmig, am Grunde tief herzförmig, vorn breit zugespitzt. Stieldrüsen am Schössling gleich den nadelförmigen Stacheln gelblich, im oberen Teil des Blütenstandes dunkelrot. Griffel grün oder rötlich.*

**Rubus psilophyllus** Rob. Keller in Mitteilungen der nat. Gesellsch. Winterthur VI. 218 (1906).

Stössel, ob Betswil bei Bäretswil.

*100.* Stieldrüsen des Schösslings und des Blütenstandes schwarzrot.*

*122.* (Vergl. *122.** S. 406.) *Staubblätter mehrreihig, die meist roten Griffel überragend. Schössling oft kletternd, mit vielen 5zähligen Blättern. Endblättchen aus herzförmigem Grunde länglich-eiförmig, allmählich zugespitzt. Blütenstand zusammengesetzt, nickend oder überhängend.*

**Rubus Kaltenbachii** Metsch, Linnaea XXVIII. 170 (1856). — Syn. VI. 616 (1902). — Fl.$_2$ II 109 (1905).

Tösswald am Hüttkopf. — Zwischen Hüttkopf und Scheidegg. — Eggistrasse ob Bauma, eine breitblätterige und an den Blättern der Blütenstandachse etwas stark behaarte Form neben typischen. — Am Stoffelweg, ob Bauma. — Vogelsang im Brühlbachtobel, ob Sennhof. — Eggwald, ob Horgen-Oberrieden. — Schönau am Gottschalkenberg.

*a) Fruchtknoten kahl oder nur anfänglich mit einzelnen bald verschwindenden Haaren. Blättchen beiderseits grün.*

*b) Griffel am Grunde rötlich.*

*c) Laubblätter, gleich dem Schössling stark behaart, aber nicht graufilzig.*

**Rubus cernuus** P. J. Müller, Jahresb. Pollich. XVI—XVII, 194 und 293 (1859). — Syn. VI. 616 (1902).

Allmann, ob Bauma. — Brandholz ob Bauma, eine dem *R. coloratus* Gremli sich nähernde Form.

*c)* Blättchen unterseits graufilzig. Blütenstand locker, beblättert. Kronenblätter beim Aufblühen rosa, allmählich weiss verblassend, verkehrt-eiförmig-keilig. Fruchtboden zottig, die Haare zwischen den Früchtchen vorragend.*

**Rubus pilocephalus** Gremli in öst. bot. Zeitschr. XXI. 126 (1871).

Zürichberg (Gremli). — Lobenstall bei Seelmatten.

*b)* Griffel grün.*

*d) Schössling unbereift. Stacheln sehr fein, nadelförmig, gerade. Blätter oft unregelmässig eingeschnitten gezahnt, meist mit langer, aufgesetzter Spitze. Blüten klein. Staubblätter erheblich länger als die Griffel.*

**Rubus breviflorus** Gremli in öst. bot. Zeitschr. XXI. 97 (1871).

Ob der Säge bei Hütten.

*d)* Schössling fast kahl, bereift. Stacheln schlank. Stieldrüsen sehr zahlreich, zum Teil sehr lang, fast schwarzrot. Blätter klein, reichlich behaart. Staubblätter stark ausgebreitet, daher die Griffel nur wenig überragend.*

**Rubus coloratus** Gremli in öst. bot. Zeitschr. XXI. 126 (1871).

Zürichberg (Gremli).

*a)* Fruchtknoten behaart. Blätter 3zählig, unterseits graufilzig. Blütenstand schmal, mit hin- und hergebogener Achse, durchblättert. Schössling stark verlängert, verworren kurzhaarig.*

**Rubus longicaulis** Gremli in öst. bot. Zeitschr. XXI. 126 (1871).

Zürichberg (Gremli).

*122.** (Vergl. auch *122.*** S. 407.) *Staubblätter griffelhoch. Griffel grün. Blättchen unterseits samthaarig, weich, grün bis graugrün. Endblättchen fast kreisförmig, kurz zugespitzt, mit herzförmigem Grunde.*

**Rubus eriophyllus** Rob. Keller —

Im Walde, ob Reitenbach bei Fehraltorf. — Schössling stielrund, locker behaart, bereift, ungleich stachelig, auch die grösseren schwach, nadelförmig. Stieldrüsen dunkelrot, zahlreich, sehr ungleich, mit Übergängen zu Drüsenborsten und borstigen Stacheln. Schösslingsblätter 3zählig oder fussförmig 5zählig. Blätter oberseits sehr zerstreut behaart, unterseits samtartig weichhaarig, glänzend grün bis graugrün. Seitenblättchen kurz gestielt, Endblättchen breitelliptisch bis fast kreisförmig, am Grunde herzförmig ausgerandet, vorn rasch in eine ziemlich kurze Spitze ausgezogen. Zahnung scharf, mässig tief, ungleich. Nebenblätter schmal-linealisch bis fädlich. Blütenstandachse dicht ungleich stieldrüsig und stachelborstig. Stieldrüsen dunkel gefärbt. Blütenstand bis zur Mitte oder darüber durchblättert, pyramidenförmig, nach oben schmal. Blüten gross. Blütenstiele mit sehr zahlreichen, kurzen Stieldrüsen und eingestreuten längern. Kelchblätter nach der Blüte aufgerichtet, der Frucht anliegend. Kronenblätter weiss, breit-verkehrt-eiförmig. Staubblätter

zahlreich, etwa griffelhoch. Fruchtknoten kahl. Griffel grün. — Mittelform zwischen *R. Kaltenbachii* und *R. lamprophyllus.*

*122.** Staubblätter ein- oder wenig reihig, kürzer als die meist roten Griffel.*

*123.* (Vergl. *123.** S. 409.) *Blätter 3—5zählig, dunkelgrün. Endblättchen elliptisch, zugespitzt. Blütenstand meist reichblütig, meist aufrecht, nur unten durchblättert. Blüten klein. Fruchtknoten kahl.* (Vergl. indessen die var. unter *c**.)

**Rubus Güntheri** W. u. N. in Bluff. u. Fingerh. Comp. Fl. Germ. I. 679 (1825). — Syn. VI. 615 (1902). — Fl.$_2$ II. 109 (1905).

Rappengubel, ob Steg im Tösstal. — Wolfsgrube, Tösstock. — Tösswald am Hüttkopf, eine durch sehr grobe und zusammengesetzte Zahnung der Blättchen ausgezeichnete Abänderung. — Brandholz, ob Bauma. — Allmann ob Bauma; hier auch eine Abänderung, die habituell wegen der Durchblätterung des Blütenstandes abweicht (*R. foliiferus* Rob. Keller in sched.). — Schneitberg bei Elgg; von hier auch eine Abänderung, welche bezüglich der Grösse der Staubblätter fast genau die Mitte zwischen *R. Güntheri* und *R. Kaltenbachii* einnimmt. — Beerenberg, ob Pfungen. — Altberg, ob Dällikon. — Tobelhof am Zürichberg. — Schnabel. — Schönau am Gottschalkenberg, eine durch starke Durchblätterung des Blütenstandes ausgezeichnete Abänderung.

*a)* (Vergl. *a**. S. 409.) *Stieldrüsen des Schösslings und des Blütenstandes ziemlich lang.*

*b)* (Vergl. *b**. S. 408.) *Laubblätter beiderseits grün.*

*c)* (Vergl. *c**. S. 408.) *Fruchtknoten kahl.*

*d) Schössling rundlich, feinstachelig, fast kahl. Blütenstand verlängert, sehr schmal, übergeneigt. Griffel rot.*

**Rubus inclinabilis** Gremli in öst. bot. Zeitschr. XXI. 124 (1871). — Syn. VI. 617 (1902). — Fl.$_2$ II. 109 (1905).

Heurüti am Schauenberg.

*d)* Blütenstand aufrecht.*

*e) Blättchen schmal, grob eingeschnitten gesägt.*

**Rubus Lamyi** Genevier, Monogr. ed. 2, 92 (1880). — Syn. VI. 616 (1902).

Gottschalkenberg, in sehr ähnlicher Form.

*e)* Blättchen breit, rundlich-eiförmig, am Grunde herzeiförmig ausgerandet, zugespitzt. Zahnung klein.*

**Rubus pseudo-Güntheri** Boulay et Pierrat in sched. — Syn. VI. 616 (1902).

Brandholz, ob Bauma. — An der Strassenkreuzung, ob Altegg nach dem Tannlibüel ob Bauma. — Eggistrasse, ob Bauma. — Allmann. — Auf dem Grat der Hohen Rhone vor dem Dreiländerstein. — Ob Schönau gegen Gottschalkenberg. — Es scheint, dass diese breitblätterige, der Rasse *R. Harcynicus* parallel gehende Abänderung in der Bergregion häufiger auftritt als der typische *R. Güntheri.*

*c)* Fruchtknoten filzig. Griffel grün. Blütenstand armblütig, gedrungen.*

*f) Grössere Stacheln fein, gerade. Blättchen 3zählig. Endblättchen mit breiter, aufgesetzter Spitze. Kronenblätter weiss, sehr schmal.*

**Rubus attenuatus** Gremli in öst. bot. Zeitschr. XXI. 96 (1871).

Zürichberg (Gremli).

*f)* Grössere Stacheln am Grunde verbreitert, etwas gekrümmt. Blättchen 3—5zählig. Endblättchen kurz zugespitzt. Kronenblätter länglich, mit fast parallelen Seitenrändern.*

**Rubus brachypetalus** Gremli in öst. bot. Zeitschr. XXI. 96 (1871). Syn. VI. 614 (1902).

Der schwarzroten Drüsen und kurzen Staubblätter wegen reihe ich diese Art in den Formenkreis des *R. Güntheri.* Focke hält die Art für kaum verschieden von *R. tenuiglandulosus*, den er zu *R. euhirtus* zieht. — Zürichberg (Gremli). — Tösswald am Hüttkopf.

*b)* Blätter unterseits weichhaarig, oft, wenigstens die jüngeren, grau- bis weissfilzig.*

*g) Stieldrüsen sehr lang. Blütenstand rispig, meist kurz. Kronenblätter ziemlich breit, weiss. Staubblätter höchstens halb so hoch wie die Griffel. Griffel grün.*

**Rubus paucistamineus** Gremli in öst. bot. Zeitschr. XXI. 96 (1871).

Zürichberg (Gremli).

*g)* Schössling abstehend behaart, mit sehr zahlreichen Stieldrüsen, Stachelborsten und rötlichen Stacheln. Blätter 3- bis fussförmig 5zählig. Blättchen oberseits dunkelgrün, unterseits weichhaarig, samtartig anzufühlen, schimmernd, mit ungleicher, wenig tiefer Zahnung. Endblättchen herzeiförmig, allmählich und lang zugespitzt.*

**Rubus polysetosus** Rob. Keller in Bull. de l'Herb. Boiss. 2$^{me}$ série IV. 427 (1904).

Bei der zweiten Kiesgrube an der Strasse zwischen Katzensee und Adlikon.

*a)* Schössling mit auffallend kurzgestielten, schwarzroten Drüsen. Blättchen scharf und ungleich eingeschnitten gezahnt, spärlich behaart. Endblättchen eiförmig, am Grunde gestutzt oder etwas ausgerandet, nach vorn allmählich in die verlängerte Spitze auslaufend. Blütenstand oben fast traubig, nickend. Fruchtknoten kahl.*

**Rubus brachyadenus** Rob. Keller in Mitteilungen der nat. Gesellsch. Winterthur VI. 215 (1906).

Tannlibüel, ob Bauma.

*123.* Schössling ausserordentlich dicht mit rötlichen bis braunroten Stieldrüsen, gelblichen Drüsenborsten und nadelförmigen Stacheln bewehrt, fast kahl. Blätter 3 bis fussförmig 5zählig, spärlich behaart, ziemlich klein gesägt. Endblättchen breit-elliptisch bis fast kreisrund, mit kurzer aufgesetzter Spitze und herzförmigem Grunde. Blütenstandachse mit zahlreichen schwarzroten Drüsen, Drüsenborsten und Nadelstacheln. Blütenstand überhängend. Blütenästchen oben kurz, aus den Achseln der Tragblätter oft die Blüten büschelig zu drei entspringend. Griffel am Grunde rötlich. Fruchtknoten zottig behaart.*

**Rubus impendens** Rob. Keller in Mitteilungen der nat. Gesellsch. Winterthur VI. 209 (1906).

Ob Schönau bei Hütten gegen den Gottschalkenberg. — Auch in dieser Kleinart sind Merkmale verschiedener Rassen, die Focke in der Synopsis erwähnt, mit einander verbunden. Mit *R. polyacanthus* Gremli und *R. Güntheri* W. u. N. hat unsere Art die kurzen fast einreihigen Staubblätter gemein. Zahnung und Form der Endblättchen gleicht *R. pseudo-Güntheri*, während in dem überhängenden Blütenstand uns wieder ein kennzeichnendes Merkmal des *R. Kaltenbachii* entgegentritt. Mit *R polyacanthus* teilt unsere Art ferner die zottig behaarten Fruchtknoten.

*99.* Stieldrüsen der Schösslinge grün oder gelblich grün, im Blütenstand ganz blassrot oder meist gelblich oder gelblich grün.*

**Rubus chlorostachys** P. J. Müller Bonpland. IX. 303 (1861). — Syn. VI. 623 (1902). — Fl.$_2$ I. 260 und II. 110 (1905). — Fl.$_3$ I. 285 (1909).

*a)* (Vergl. *a**. S. 411.) *Staubblätter kürzer als die Griffel.*

*b)* (Vergl. *b**. S. 410.) *Fruchtknoten filzig.*

*c) Schössling kurz zottig filzig. Blätter 3zählig oder unvollkommen 5zählig. Blättchen zum Teil grob und ungleich, zum Teil gleichmässig gesägt, schwach behaart. Endblättchen rhombisch-elliptisch, ziemlich lang zugespitzt. Stacheln im Blütenstand sehr fein.*

**Rubus euchlorostachys** Rob. Keller —

Stammheimerberg. — Allmann. — Brandholz, ob **Bauma**. — Altegg ob Bauma, eine durch sehr spärliche Behaarung **ausgezeich**nete Abänderung. — Altberg, ob Dällikon. — Zwischen **Tobelhof** und Adlisberg am Zürichberg.

*c)* Pflanze klein, Stacheln fein. Blätter 3zählig, schmutzig grün, unterseits blasser. Endblättchen rhombisch-eiförmig. Kronenblätter länglich-keilförmig. Antheren und Griffel grünlich.*

**Rubus brachyandrus** Gremli, Beitr. Fl. d. Schweiz 29 (1870). — Syn. VI. 623 (1902).

Vogelsang bei Eglisau.

*b)* Fruchtknoten kahl.*

*d) Stieldrüsen der Schösslinge von den Haaren überragt. Blätter 3zählig. Endblättchen rhombisch-eiförmig, lang zugespitzt. Blütenstand kurz, armblütig. Kronenblätter länglich-keilförmig. Griffel grün.*

**Rubus tardiflorus** Gremli, Beiträge z. Fl. der Schweiz 29 (1870). — Syn. VI. 624 (1902). — Fl.$_2$ II. 110 (1905).

Kohlfirst ob Wildensbuch; gegen das Hörnli ziemlich häufig. — Eggistrasse, ob Bauma. — Rütiholz zwischen Guetenswil und Illnau.

*d)* Endblättchen eiförmig, verkehrt-eiförmig oder breit-elliptisch, allmählich breit und ziemlich lang zugespitzt oder plötzlich in eine ziemlich lange, schmale Spitze ausgezogen, eingeschnitten gezahnt. Blütenstand traubig.*

**Rubus prionotus** Rob. Keller —

Schössling auffallend dünn, lang hingestreckt, zerstreut behaart, sehr dicht mit ungleichen, gelblich grünen Stieldrüsen und schwachen nadelförmigen und borstigen Stacheln besetzt. Blätter 3zählig oder unvollständig 5zählig, selten fussförmig 5zählig. Zahnung zusammengesetzt, zum Teil eingeschnitten. Blättchen beiderseits grün, anliegend behaart, ± glänzend. Endblättchen eiförmig oder verkehrt-

eiförmig, breit-elliptisch, allmählich breit und ziemlich lang zugespitzt, vorn eingeschnitten gezahnt und plötzlich in eine ziemlich lange, schmale, säbelförmig gekrümmteSpitze ausgezogen. Blütenstandachse nach oben dicht, fast zottig behaart, sehr dicht mit bleichen Stieldrüsen besetzt; Stacheln sehr zart, nadelförmig, rückwärts geneigt. Blütenstand sehr armblütig, traubig. Blütenstiele sehr dicht bleichdrüsig, mit zahlreichen zarten, gelblichen Stacheln. Kelchblätter nach der Blüte aufrecht, der Frucht anliegend, auf dem Rücken dicht stachelig. Frucht kahl. — Eggwald bei Horgen, an einer Stelle häufig. Kleinart aus dem Formenkreise des *R. chlorostachys.*

*a)** (Vergl. auch *a***. S. 411.) *Staubblätter so lang oder wenig kürzer oder länger als die Griffel.*

*c) Blätter 5zählig. Blättchen beiderseits grün. Blütenstand verlängert, schmal; mit straffer Achse. Kronenblätter länglich-verkehrt-eiförmig, keilig. Fruchtknoten behaart.*

**Rubus stricticaulis** Gremli in öst. bot. Zeitschr. 126 (1871).

Eine obiger Art nahestehende oder mit ihr identische schöne Abänderung des Formenkreises des *R. chlorostachys* vom Tannwald bei Hünikon.

*c)* Fruchtboden zottig; Fruchtknoten kahl.*

**Rubus tristis** Gremli in öst. bot. Zeitschr. XXI. 97 (1871). — Syn. VI. 614 (1902).

Die von mir beobachteten Formen sind durch die Hellfarbigkeit der Drüsen als zugehörige des Formenkreises von *R. chlorostachys* gekennzeichnet. — Eggwald ob Horgen; von Gremlis Art nur durch die etwas stärkere Behaarung abweichend. — Gottschalkenberg, eine an *R. chlorostachys* erinnernde Form.

*a)** Staubblätter länger als die Griffel.*

*f)* (Vergl. *f**. S. 412.) *Fruchtknoten behaart. Schössling dicht verworren behaart. Stacheln sehr fein, nadelförmig.*

*g) Kronenblätter weiss. Blättchen unterseits blass, fast grau, aber nicht filzig. Fruchtknoten langhaarig.*

**Rubus mitis** Gremli in öst. bot. Zeitschr. XXI. 98 (1871).

Eschenbergerhof bei Winterthur. — Zwischen Illnau und Effretikon.

*g)* Kronenblätter weiss, an der Spitze ausgerandet, zweispaltig. Blättchen (die jüngeren) unterseits graufilzig. Blütenstand verlängert, vielblütig, mit hin- und hergebogener Achse und im Aufblühen oft fast geknäuelten Ästchen. Fruchtknoten filzig behaart.*

**Rubus glomeriflorus** Gremli in öst. bot. Zeitschr. XXI. 98 (1871). Zürichberg (Gremli).

*f)* Fruchtknoten kahl.*

*h) Blütenstand auffallend sparrig, mit langen, wagrecht abstehenden Ästchen, fast bis zur Spitze durchblättert. Blüten gross. Kronenblätter weiss, breit-verkehrt-eiförmig.*

**Rubus amphilaphanthus** Rob. Keller —

Schössling niederliegend, kräftig, stielrund, fast kahl, mit ungleichen gelblichen Stieldrüsen, Drüsenborsten, nadelförmigen Stacheln und eingestreuten, mässig kräftigen, unter sich ziemlich gleichen, breit aufsitzenden, leicht gebogenen Stacheln. Blätter 3zählig gefingert oder meist fussförmig 5zählig, langgestielt. Blattstiel etwa so lang wie das Endblättchen. Blätter gross, beiderseits sehr zerstreut behaart bis fast kahl. Endblättchen gross, 10—12 cm lang und 9 bis 12 cm breit, mit den Rändern sich deckend, fast kreisrund, am Grunde gestutzt oder leicht ausgerandet, vorn mit kurzer aufgesetzter Spitze, etwa doppelt so lang als sein Stielchen. Zahnung wenig tief, ziemlich gleichmässig. Blütenstand sehr umfangreich, fast bis zur Spitze durchblättert. Äste fast rechtwinklig abgehend, lang, gleich der Blütenstandachse verworren, aber nicht dicht behaart. Stieldrüsen gelblich grün, sehr zahlreich, mit feinen nadelförmigen, leicht rückwärts gerichteten oder etwas gekrümmten, zum Teil breit aufsitzenden hellgefärbten Stacheln. Blütenstand trugdoldig abschliessend. Blüten lang gestielt. Blütenstiele dicht stieldrüsig und nadelig stachelig. Blüten gross, ca. 2 cm im Durchmesser, Kronenblätter weiss, breit-verkehrt-eiförmig. Kelchblätter auf dem Rücken filzig, mit zahlreichen gelblichen Stieldrüsen und Nadelstacheln, nach der Blüte aufrecht. Staubblätter die Griffel überragend. Fruchtknoten kahl. — Diese durch die auffallend grossen und breiten Blätter an *R. crassus* erinnernde, im Laubwerk einem besonders üppig entwickelten *R. hercynicus* nicht unähnliche Art teilt mit *R. serpens* und *R. chlorostachys* die Bleichheit der Drüsen und Stacheln. Mit ersterem stimmt sie in der spärlichen Behaarung der Schösslinge überein, weicht aber von beiden durch den auffallend sparrigen Blütenstand, die spreizend abstehenden Ästchen und Blüten mit grossen, fast kreisrunden Kronenblättern ab. — Adlisberg am Zürichberg.

*h)* Blütenstand nicht sparrig.*

*i) Blütenstand pyramidenförmig, Blüten hin und wieder in den Achseln der Tragblätter gebüschelt.*

**Rubus xanthadenus** Rob. Keller —

Schössling niederliegend, kräftig, fast kahl, ausserordentlich dicht mit gelben Stieldrüsen, Drüsenborsten und nadelförmigen Stacheln bewehrt, zwischen denen alle möglichen Übergänge bestehen. Grössere Stacheln ziemlich breit aufsitzend. Blätter 3zählig gefingert oder fussförmig 4—5zählig. Blattstiel fast 3mal so lang als das Stielchen des Endblättchens, ausserordentlich dicht mit gelben Stieldrüsen, Drüsenborsten und Stacheln bewehrt, die auch an den Stielchen der Blättchen sehr dicht stehen. Blätter oberseits dunkelgrün, unterseits blassgrün. Zahnung wenig tief, fast gleichmässig. Blättchen dünn, beiderseits fast kahl; Mittelnerv unterseits reich stachelig. Endblättchen ziemlich gross (11—14 cm lang), ca. 4mal länger als sein Stielchen, breit-verkehrt-eiförmig, elliptisch oder fast kreisförmig, am Grunde herzförmig, vorn ziemlich lang, bald plötzlich, bald allmählich zugespitzt. Blütenstandachse gleich den Blütenstielen sehr dicht stieldrüsig und stachelborstig, filzig behaart, Stieldrüsen gleich den Stacheln strohgelb, viel länger als der Durchmesser der Achse und der Blütenstiele. Blütenstand pyramidenförmig, unten unterbrochen, bis zur Mitte durchblättert. Mittlere Ästchen aufrecht abstehend, oft nahe dem Grunde oder selbst am Grunde geteilt, so dass ähnlich wie bei *R. foliosus* die Blüten hin und wieder gebüschelt erscheinen. Kelchblätter aussen filzig, ausserordentlich dicht mit Stieldrüsen und nadelförmigen Stacheln besetzt; nach der Blüte sich aufrichtend, an der Frucht anliegend. Kronenblätter weiss, länglich-verkehrt-eiförmig. Staubblätter die grünen Griffel überragend. Fruchtknoten kahl. — Eine sehr schöne, durch die starrende Bewehrung, das strohgelbe Kolorit der Stacheln und Stieldrüsen, die grossen dunkeln Blätter auffallende androgyne Kleinart des Formenkreises des *R. chlorostachys*. — Sparenweid an der Hohen Rhone.

*i)* Blütenstand fast gleich breit, oben traubig.*

**Rubus flavisetosus** Rob. Keller in Mitteilungen der nat. Gesellsch. Winterthur VI. 224 (1906).

Brandholz bei Bauma.

*Hybride der Glandulosi.*

Rubus hirtus W. K. × R. vestitus W. u. N. (Vergl. S. 373).
Rubus hirtus W. K. × R. saltuum Focke (Vergl. S. 382.)

**Rubus hirtus** W. K. × **R. rudis** W. u. N.

Sanzenberg bei Weiach. — Vogelsang bei Eglisau.

**Rubus pseudo-Bellardi** Rob. Keller in Bull. de l'Herb. Boiss. 2me série IV. 430 (1904)

= **Rubus Bellardii** W. u. N. × **Rubus hirtus** W. K. Vergl. Syn. VI. 611.

Vogelsang bei Eglisau.

**Rubus Güntheri** W. u. N. × **R. Villarsianus** Focke —

Altberg ob Dällikon, inter parentes.

*5.* Nebenblätter lanzettlich, nach beiden Enden verschmälert. Äussere Seitenblättchen stiellos oder sehr kurz gestielt. Schössling oft bereift.*

### o) Corylifolii.

*124.* (Vergl. *124.** S. 414.) *Schössling stark bereift, stielrund. Stacheln ziemlich gleichartig, klein.*

*125.* (Vergl. *125.** S. 414.) *Blätter 3zählig, unterseits grün.*

*126. Kelchblätter aussen grün, Frucht stark bereift.*

**Rubus caesius** L. spec. pl. ed. I. 706 (1753). — Syn. VI. 626. — Fl.$_2$ I. 260 (1905). — Fl.$_3$ I. 285 (1909).

Durch das ganze Gebiet in Hecken, an Waldrändern gemein.

*126.* Kelchblätter aussen graufilzig. Früchte kaum bereift.*

**Rubus acheruntinus** Ten. Syll. Fl. Neap. 603 (1833). — Syn. VI. 627 (1902).

Kyburger Schlosshalde.

*125.* Blätter 5zählig gefingert. Jüngere Blättchen unterseits dünn graufilzig. Endblättchen breit-eiförmig, am Grunde herzförmig, spitz. Kelchblätter aussen graufilzig.*

**Rubus Warmingii** G. Jensen Bot. Tidsskr. XVI. 122 (1887). — Syn. VI. 629 (1902). — Fl.$_2$ II. 110 (1905).

Zweidlen am Rhein. — Schneitberg bei Elgg. — Kämleten, zwischen Kyburg und Kemptthal. — Reitenbach bei Fehraltorf. — Altberg ob Dällikon, eine nicht ganz typische Form, indem die Blätter unterseits nicht graufilzig, sondern grün sind.

*124.* Schössling ± kantig, stieldrüsig, mit ungleichen Stacheln, wenn gleichartig bestachelt Stacheln meist ziemlich kräftig, kantenständig und stieldrüsenarm oder stieldrüsenlos.*

*127. Schössling ungleichstachelig, mit zahlreichen ungleichen Stieldrüsen, Stachelborsten und borstigen oder nadelförmigen Stacheln.* (Vergl. indessen *R. rhodius.*) *Blütenstand reich an Stieldrüsen und nadelförmigen Stacheln.*

*128. Schössling undeutlich kantig. Grössere Stacheln aus verbreitertem Grunde plötzlich verschmälert, nadelig oder pfriemlich.*

**Rubus orthacanthus** Wimmer, Fl. Schles. 3. Aufl. 626 (1857). — Syn. VI. 632 (1902). — Fl.$_2$ I. 260 und II. 110 (1905). — Fl.$_3$ I. 285 (1909).

Zwischen Hüttkopf und Scheidegg. — Gugenhard bei Elgg, nicht ganz typisch.

*a)* Vergl. *a**. S. 416.) *Endblättchen elliptisch, eiförmig oder verkehrt-eiförmig.*

*b) Schössling abstehend behaart, fast ohne Stieldrüsen. Laubblätter 3zählig; Endblättchen elliptisch, am Grunde herzförmig, kurz und breit zugespitzt. Seitenblättchen kurz gestielt. Blütenstandachse oben mit zahlreichen nadelförmigen Stacheln und ungleichen Stieldrüsen. Kelchblätter nach der Blüte zurückgeschlagen, aussen filzig. Kronenblätter fast kreisrund, rötlich.*

**Rubus rhodius** Rob. Keller in Bull. Herb. Boiss. IV. 433 (1904).

Eschenbergerhof bei Winterthur.

*b)* Schössling sehr reich und ungleich stieldrüsig. Kelchblätter nach dem Verblühen aufrecht.*

*c) Schössling sehr dicht mit gelben Stacheln und nadelförmigen gelben Stachelborsten bewehrt. Blättchen mit scharfer unregelmässig doppelter Zahnung. Endblättchen gross, verkehrt-eiförmig, am Grunde herzförmig, vorn kurz und breit zugespitzt. Seitenblättchen kurz, aber deutlich gestielt. Blütenstandachse sehr dicht mit langen, gelben, nadelförmigen Stacheln und Stachelborsten. Blütenstiele und Rücken der Kelchblätter dicht stachelig, diese aussen graufilzig.*

**Rubus xanthacanthus** Rob. Keller in Mitteilungen der nat. Gesellsch. Winterthur VI. 225 (1906).

Dättenberg bei Elgg.

*c)* Untere Blättchen grob und ungleich, obere gleichmässiger gesägt. Endblättchen elliptisch, lang zugespitzt. Kelchblätter auf dem Rücken grün.*

**Rubus oreades** P. J. Müller et Wirtg. in Rub. Rhen. I. Nr. 154 (1860). — Syn. VI. 632 (1902). — Fl.$_2$ II. 110 (1905).

Im Walde ob Hünikon. — Neftenbach. — In der Wolfsgrube am Tösstock, eine durch herzeiförmige Endblättchen und namentlich

im oberen Teil des Blütenstandes und an den Blütenstielen durch zahlreiche, lange, nadelförmige Stacheln ausgezeichnete der *f. oreochares* Focke sehr ähnliche Abänderung.

*a)* Endblättchen breit-eiförmig bis fast kreisrund. Kelchblätter nach der Blüte aufrecht oder abstehend.*
*d)* (Vergl. *d**. S. 417). *Zahnung der Blättchen ungleich.*
*e) Blättchen ungleich grob sägezahnig, meist 5zählig. Endblättchen meist breit-eiförmig.*

**Rubus euorthacanthus** Focke in Syn. VI. 633 (1902).

Die unter *R. orthacanthus* angeführten Vorkommnisse nähern sich dieser Form.

*e)* Zahnung oft gross, aber wenig tief. Stieldrüsen meist lang. Blätter meist 3zählig.*
*f) Endblättchen aus seicht herzförmigem Grunde breit-eiförmig bis fast kreisrund, mit kurzer, breiter Spitze. Achse mit zahlreichen, dünnen, rechtwinklig abstehenden Nadelstacheln.*

**Rubus Villarsianus** Focke in Gremli Beiträge Fl. d. Schweiz 28 (1870). — Syn. VI. 632 (1902). — Fl.$_2$ II. 110 (1905).

Ebnet, Abhang gegen Weiach. — Im Hasli bei Zweidlen. — Hausersee bei Ossingen. — Aurüti am Hüttkopf, Form mit etwas kräftiger Bestachelung. — Altegg, ob Bauma. — Unterhalb des Schauenberg bei Elgg. — Kollbrunn, Abhänge am linken Tössufer gegen Weisslingen, eine durch die pyramidenförmige Gestalt des Blütenstandes eigentümliche Abänderung. — Eggwald im Ruchegg. — Wiesendangen. — Lindberg bei Winterthur, am Walkeweiher. — Vogelsang bei Winterthur. — Station Effretikon. — Zwischen Illnau und Fehraltorf. — Hohenasp, zwischen Lindau und Breite. — Hochfelden. — Strassburg bei Hochfelden, „eine durch die Behaarung dem *R. Bregutiensis* ähnliche lokale Abänderung" (Focke). — Ob Affoltern. — Regensdorf. — Klösterli, am Zürichberg. — Eggwald, ob Horgen. — Schnabel. — Hornberg, vor Mettmenstetten. — Haspliholz, ob Rifferswil.

**Rubus Villarsianus — R. chlorophyllus.**

Bei den rundblätterigen Formen des *R. orthacanthus* Wimmer ist eine Abgrenzung zwischen *R. Villarsianus* Focke und *R. chlorophyllus* Gremli schwerlich möglich, zumal auch bezüglich der Bestachelung beider keine zur sicheren Trennung ausreichende Konstanz besteht. Wir fassen daher unter obigem Doppelnamen die Zwischen-

formen beider Arten zusammen. — Gegen Storchenegg am Hörnli. — Hohenasp, zwischen Lindau und Breite.

*f)* Stieldrüsen kurz. Blätter 5zählig. Endblättchen breit-herzeiförmig. Blütenstandachse mit spärlichen kurzen Stacheln und zahlreichen kurzen Stieldrüsen.*

**Rubus monasterioli** Rob. Keller —

Schössling niederliegend, stielrund kahl, bereift, mit schwachen, ziemlich gleichen nadelförmigen, am Grunde verbreiterten Stacheln und zahlreichen kurzen Stieldrüsen. Schösslingsblätter 5zählig, auch die äusseren Blättchen deutlich, wenn auch kurz gestielt, beiderseits grün, unterseits fast nur an den Nerven zerstreut behaart. Endblättchen breit-herzeiförmig, allmählich zugespitzt, mit etwas ungleicher, wenig tiefer Zahnung. Blütenstände durchblättert, grössere oben fast doldentraubig abschliessend, kleinere oft traubig. Blätter des Blütenstandes zum Teil 5zählig. Achsen mit spärlichen, kurzen, auffallend schwachen, nadelförmigen Stacheln, locker behaart, längere Stieldrüsen sehr spärlich, dagegen zahlreiche kurze Stieldrüsen. Blütenstiele lang, filzig behaart, mit zahlreichen kurzen Stieldrüsen. Kelchblätter nach der Blüte aufrecht, der Frucht anliegend. Früchte kahl. — Klösterli, ob Schwamendingen. — Alphof, ob Nussbaumen bei Bülach. — Bülacher Hard. — Hattenberg bei Trüllikon.

*d)* Zahnung der Blättchen gleichartig, fein. Endblättchen kreisrund oder breit-elliptisch, am Grunde schwach ausgerandet, vorn kurz zugespitzt.*

**Rubus chlorophyllus** Gremli in öst. bot. Zeitschr. XXI. 95 (1871). — Syn. VI. 634 (1902). — Fl.2 II. 110 (1905).

Sennhof-Hulftegg. — Eggistrasse, ob Bauma. — Tannwald, ob Hünikon. — Eschenberg bei Winterthur. — Brühlberg bei Winterthur, eine etwas drüsenarme Form. — Multberg bei Wülflingen. — Zwischen Kyburg und Kemptthal. — Eichegrie bei Effretikon. — Winterberger Steig. — Hard bei Bassersdorf. — Altberg, ob Dällikon. — Klösterli gegen Sagetobel, am Zürichberg. — Gottschalkenberg, ob Schönau. — Unterholz bei Mettmenstetten.

*128.* Schössling meist deutlich kantig, dicht mit Stacheln besetzt. Grössere Stacheln lanzettlich, zum Teil sichelförmig gekrümmt, aus breitem Grunde allmählich verschmälert.*

*129. Blätter meist fussförmig 5zählig. Blättchen ungleich grob gesägt. Endblättchen herzeiförmig zugespitzt. Blütenstand lang, oft schmal und kurzästig. Kronenblätter elliptisch, weiss.*

**Rubus diversifolius** Lindl. Syn. brit. Fl. I. ed. 93 (1829). — Syn. VI. 635 (1902). — Fl.$_2$ I. 261 (1905). — Fl.$_3$ I. 285 (1909).

Hohenasp, zwischen Lindau und Breite ob Brütten.

**Var. subrotundus** Rob. Keller —

Vom Typus wesentlich verschieden durch die an *R. imitabilis* Friderichsen erinnernde Form der Endblättchen. Blütenstand fast bis zur Spitze durchblättert, Ästchen nach oben kürzer werdend, daher im Umriss pyramidenförmig. — Eine kräftige, durch die Bestachelung einem *R. Köhleri* ähnliche Abänderung. — Hohenasp, zwischen Lindau und Breite.

*129.* Blätter meist dreizählig. Blättchen ungleich grob gesägt. Endblättchen herzeiförmig, vorn ± breit zugespitzt. Blütenstand kurz doldentraubig. Kronenblätter länglich-eiförmig, meist rötlich.*

**Rubus pseudopsis** Gremli in Focke Syn. Rub. Germ. 394 (1897). — Syn. VI. 637 (1902). — Fl.$_2$ II. 110 (1905).

Adenberg bei Rafz, eine Form mit etwas breiten Endblättchen, kräftigem, stark durchblättertem Blütenstand. — Aspi, ob Nussbaumen bei Bülach. — Stammheimerberg. — Aurüti am Hüttkopf. — Altegg bei Bauma, eine etwas zarte Form, mit relativ breiten Blättchen; dadurch dem *R. prasinus* Gremli, der nur eine leichte Modifikation des *R. pseudopsis* ist, nahe. — Lindberg bei Winterthur, ob dem Güetli; beim Bäumli. — Klösterli, am Zürichberg. — Adlisberg, am Zürichberg.

*127.* Schössling zerstreut stieldrüsig oder drüsenlos. Stacheln ziemlich kräftig, einander fast gleich, kantenständig.*

*130.* (Vergl. *130.** S. 419.) *Blättchen mässig tief oder klein gesägt.*

*131. Blätter meist 5zählig. Blättchen unterseits grün oder in der Jugend graugrün, weichhaarig. Endblättchen breitelliptisch bis herzeiförmig. Kelchblätter aussen grün oder graugrün. Kronenblätter fast kreisrund, weiss.*

**Rubus nemorosus** Hayne Arzneigew. III. t. 10 (1813) [*R. dumetorum* W. z. T.]. — Syn. VI. 638 (1902). — Fl.$_2$ I. 261 (1905). — Fl.$_3$ I 285 (1909).

Ob Kollbrunn.

*131.** (Vergl. auch *131.*** S. 419.) *Blättchen auch in der Jugend unterseits grün, klein gesägt. Endblättchen aus ausgerandetem Grunde fast kreisrund oder breit-elliptisch, mit kurzer aufgesetzter Spitze. Kelchblätter aussen graugrün. Kronenblätter rosa.*

**Rubus serrulatus** Lindeberg Hb. Rub. scand. Nr. 46 (1884). — Syn. VI. 641 (1902).

Sehr ähnlich vom Unterholz bei Mettmenstetten. Vielleicht ein fruchtbar gewordener Abkömmling des *R. suberectus* × *R. caesius*. Beide Eltern finden sich hier häufig.

*131.** Blätter fussförmig 5zählig, unterseits weichhaarig, in der Jugend grau. Endblättchen kreisrund bis breit-elliptisch, am Grunde ausgerandet, kurz zugespitzt. Kelchblätter aussen filzig. Kronenblätter breit-elliptisch, rosa.*

**Rubus callianthus** P. J. Müller, Pollichia XVI.—XVII. 294 (1859). Syn. VI. 645 (1902). — Fl.$_2$ II. 110 (1905).

Eichbühl, ob der Station Seen, eine gegen *R. caesius* abändernde Modifikation.

*130.* Blättchen oft eingeschnitten, grob gesägt. Blütenstand schmal, verlängert. Blättchen unterseits in der Jugend meist filzig. Endblättchen eiförmig oder länglich.*

*132. Stacheln ziemlich klein. Blättchen unterseits graufilzig; Endblättchen rhombisch-elliptisch. Blütenstand verlängert, schmal. Kelchblätter nach der Blüte zurückgeschlagen, später abstehend.*

**Rubus Laschii** Focke, Syn. Rub. Germ. 402 (1877). — Syn. VI. 642 (1902). — Fl.$_2$ II. 261 und II. 111 (1905).

Dem *R. Laschii* Focke und der Unterart *R. gothicus* Friedrichson nahe stehende Formen (sec. Focke), die ich ursprünglich teils für *R. caesius f. fol. digitato-quinalis*, teils für *R. sulcatus* × *R. caesius* hielt und in denen Favrat und Gremli die Kreuzung *R. caesius* × *R. sulcatus* sahen, vom Eschenberg bei Winterthur, gegen das Bruderhaus. Brühlberg bei Winterthur, am Waldrande ob den Gütschwiesen. — Lindberg, am Waldrand beim Bäumli. — Veltheimerberg. — Brühlbachtobel bei Kyburg. — Waldrand bei Attikon. — Geroldswil, am Schauenberg. — Am Waldrand bei Heurüti ob Elgg.

*132.* Stacheln ziemlich kräftig. Blättchen beiderseits grün. Endblättchen eiförmig oder verkehrt-eiförmig. Blütenstand durchblättert, im obern Teil schmal. Kelchblätter an der Frucht aufrecht.*

**Rubus psilocaulis** Rob. Keller. — Unterart des *R. Laschii* Focke.

Schössling kräftig, stumpfkantig, kahl, bereift. Stieldrüsen fehlend. Stacheln ziemlich kräftig, gleichartig, breit aufsitzend. Blätter vorherrschend 5zählig, scharf und mässig tief, aber ungleich, fast

**eingeschnitten gesägt, beiderseits grün, oberseits kahl, unterseits an den Nerven zerstreut behaart, nur die jüngsten Blätter unterseits reichlicher behaart, nie filzig. Endblättchen eiförmig oder verkehrteiförmig. Blütenstand durchblättert, im obern Teil schmal. Blütenstandachse mit zahlreichen, verhältnismässig kräftigen Stacheln, nach oben filzig behaart, ohne oder nur mit vereinzelten Stieldrüsen. Kelchblätter auf dem Rücken graugrün, der Frucht anliegend. Krone weiss. Griffel grün. — Kiesgrube im Walde zwischen Fehraltorf und Illnau.**

*Hybride der Corylifolii.*

**Rubus caesius L. × R. idaeus L. (Vergl. S. 345).**
**Rubus caesius L. × R. sulcatus Vest (Vergl. S. 347).**
**Rubus caesius L. × R. thyrsanthus Focke (Vergl. S. 352).**
**Rubus caesius L. × R. candicans Weihe (Vergl. S. 352).**
**Rubus caesius L. × R. tomentosus Borkh. (Vergl. S. 355).**
**Rubus caesius L. × R. bifrons Vest (Vergl. S. 359).**
**Rubus caesius L. × R. macrostemon Focke (Vergl. S. 359).**
**Rubus caesius L. × R. chnoostachys P. J. M. (Vergl. S. 359).**
**Rubus caesius L. × R. vestitus W. u. N. (Vergl. S. 373).**
**Rubus caesius L. × R. rudis W. u. N. (Vergl. S. 382).**
**Rubus caesius L. × R. apiculatus W. u. N. (Vergl. S. 386).**

---

# Register.


| | Seite | | Seite |
|---|---|---|---|
| Apiculati | 383 | Hybride der Tomentosi | 354 |
| Candicantes | 348 | „ „ Vestiti | 372 |
| Cylactis | 345 | Idaeobatus | 345 |
| Discolores | 356 | Köhleriani | 386 |
| Egregii | 361 | Radulae | 373 |
| Eubatus | 346 | Rhamnifolii | 348 |
| Glandulosi | 389 | | |
| Grandifolii | 386 | Rubus abieticollinus Rob. Keller | 405 |
| Hybride der Apiculati | 386 | R. abietum Rob. Keller | 351 |
| „ „ Candicantes | 352 | R. acheruntinus Ten. | 414 |
| „ „ Discolores | 358 | R. acridentulus P. J. M. | 391 |
| „ „ Köhleriani | 388 | R. adenbergensis Rob. Keller | 375 |
| „ „ Radulae | 382 | R. albicomus Gremli | 381 |
| „ „ Silvatici | 361 | R. albicomus Gr. × R. brevis Gremli | 383 |
| „ „ Suberecti | 347 | R. allmannensis Rob. Keller | 405 |

| | Seite |
|---|---|
| R. altbergensis Rob. Keller | 366 |
| R. amphilaphanthus Rob. Keller | 412 |
| R. amphilogus Rob. Keller | 382 |
| R. anadenocaulis Rob. Keller | 377 |
| R. apatelus Rob. Keller | 381 |
| R. apertiflorus P. J. M. | 401 |
| R. apiculatus W. u. N. | 383 |
| – – var. polyacanthus Rob. Keller | 383 |
| R. apiculatus W. u. N. × R. caesius L. | 386 |
| R. arduennensis Lib. | |
| – – var. macrophyllus Rob. Keller | 350 |
| R. argyropsis Focke | 349 |
| R. attenuatus Gremli | 408 |
| R. Banningii Focke | 358 |
| R. Bayeri Focke | 401 |
| R. Bellardii W. u. N. | 395 |
| R. Bellardii W. u. N. × R. hirtus W. K. | 414 |
| R. bifrons Vest | 356 |
| R. bifrons V. × R. bregutiensis Kerner | 359 |
| R. bifrons Vest × R. caesius L. | 359 |
| R. bifrons Vest × R. rudis W. u. N. | 359 |
| R. bifrons Vest × R. vestitus W. u. N. | 358 |
| R. botryoides Rob. Keller | 399 |
| R. brachyadenophorus Rob. Keller | 375 |
| R. brachyadenus Rob. Keller | 409 |
| R. brachyandrus Gremli | 410 |
| R. brachypetalus Gremli | 408 |
| R. brachystachys Rob. Keller | 377 |
| R. bregutiensis Kerner | 369 |
| – – var. subhirtus Rob. Keller | 370 |
| R. breviflorus Gremli | 406 |
| R. brevipes Gremli | 402 |
| R. brevis Gremli | 387 |
| R. brevistamineus Rob. Keller | 404 |
| R. caesius L. | 414 |
| R. Caflischii Focke | 384 |
| R. callianthus P. J. M. | 419 |
| R. candicans W. | 348 |
| R. candicans W. × R. caesius L. | 352 |
| R. candicans W. × R. tomentosus Borkh. | 352 |
| R. caudatus Rob. Keller | 381 |
| R. celtifolius Focke | 396 |
| R. celtoideus Rob. Keller | 404 |
| R. cernuus P. J. M. | 405 |
| R. chlorophyllus Gremli | 417 |
| R. chlorostachys P. J. M. | 409 |
| R. chnoostachyoides Rob. Keller | 363 |
| R. chnoostachys P. J. M. | 358 |
| R. chnoostachys P. J. M. × R. caesius L. | 359 |
| R. chnoostachys P. J. M. × R. Gremlii Focke | 359 |
| R. chnoostachys P. J. M. × R. tomentosus Borkh. | 359 |
| R. coloratus Gremli | 406 |
| R. confinii Rob. Keller | 400 |
| R. conspicuus P. J. M. | 366 |
| R. corymbosus P. J. M. | 385 |
| R. cunctator Focke | 361 |
| R. curvistylus Gremli | 382 |
| R. dasyclados Kerner | 366 |
| R. decipiens P. J. M. | 356 |
| R. densiflorus Gremli | 392 |
| R. denticulatus Kerner | 385 |
| R. desmodes Rob. Keller | 394 |
| R. diversifolius Lindl. | 418 |
| – – var. subrotundus Rob. Keller | 418 |
| R. diversiglandulosus Rob. Keller | 398 |
| R. divexiramus P. J. M. | 401 |
| R. dumetorum W. | 418 |
| R. dynatos Focke | 357 |
| R. elatior Focke | 351 |
| R. eriophyllus Rob. Keller | 406 |
| R. erraticus Rob. Keller | 371 |
| R. erythradenes P. J. M. | 397 |
| R. euanthophorus Rob. Keller | 378 |
| R. euchlorostachys Rob. Keller | 410 |
| R. euorthacanthus Focke | 416 |
| R. fallens Rob. Keller | 391 |
| R. festivus P. J. M. u. Wirtg. | 366 |
| R. flaccidifolius P. J. M. | 390 |
| R. flavisetosus Rob. Keller | 413 |
| R. foliosus W. u. N. | 380 |
| R. fraternus Gremli | 368 |
| R. Gelertii K. Friderichsen | 351 |
| R. Genevieri Boreau | 376 |
| R. glomeriflorus Gremli | 412 |
| R. Godronii Lec. et Lam. | 357 |
| R. gracilicaulis Gremli | 398 |
| R. Gremlii Focke | 360 |
| R. grossiserratus Rob. Keller | 384 |

| | Seite |
|---|---|
| R. Güntheri W. u. N. | 407 |
| R. Güntheri W. u. N. × R. Villarsianus Focke | 414 |
| R. helveticus Gremli | 392 |
| – – var. euoplus Rob. Keller | 392 |
| R. hennebergensis Sagorski | 396 |
| R. hercynicus G. Braun | 399 |
| – – var. glabratus Rob. Keller | 399 |
| R. heteroclines Rob. Keller | 411 |
| R. heterothyrsus Rob. Keller | 393 |
| R. hirsutus Wirtgen | 370 |
| R. hirtus W. K. | 396 |
| R. hirtus W. K. × R. rudis W. u. N. | 413 |
| R. humifusus W. u. N. | 389 |
| R. hypodasys Rob. Keller | 363 |
| R. idaeus L. | 345 |
| R. idaeus L. × R. caesius L. | 345 |
| R. impendens Rob. Keller | 409 |
| R. inaequalis Halácsy | 385 |
| R. incisus Rob. Keller | 398 |
| R. inclinabilis Gremli | 407 |
| R. indotatus Gremli | 361 |
| R. insericatus P. J. M. | 367 |
| R. Johannis Ulrici Rob. Keller | 347 |
| R. isophorus Rob. Keller | 365 |
| R. Kaltenbachii Metsch | 405 |
| R. Köhleri W. u. N. | 387 |
| – – var. apricoides Rob. Keller | 387 |
| R. lamprophyllus Gremli | 399 |
| R. Lamyi Genev. | 407 |
| R. Laschii Focke | 419 |
| R. Lejeunei W. u. N. | 386 |
| R. lochmaeus Rob. Keller | 361 |
| R. longicaulis Gremli | 406 |
| R. macrantheloides Rob. Keller | 372 |
| R. macrophyllus W. u. N. | 360 |
| – – var. discolor Rob. Keller | 360 |
| R. macrostachys P. J. M. | 376 |
| R. macrostemon Focke | 357 |
| R. macrostemon Focke × R. caesius L. | 359 |
| R. Menkei W. u. N. | 368 |
| – – var. botryoides Rob. Keller | 368 |
| R. Mercieri Genev. | 352 |
| R. Metschii Focke | 390 |
| R. mitis Gremli | 411 |
| R. monasterioli Rob. Keller | 417 |
| R. napephilus G. Brauer | 374 |
| R. nemorosus W. u. N. | 418 |
| R. nessensis Hall. | 346 |
| R. oblongifolius P. J. M. | 368 |
| – – var. discolor Rob. Keller | 368 |
| R. obscurus Kaltenbach | 367 |
| R. obtusangulus Gremli | 348 |
| R. oreades P. J. M. | 415 |
| R. orthacanthus Wimmer | 415 |
| R. pallidus W. u. N. | 378 |
| R. patuliflorus Rob. Keller | 403 |
| R. paucistamineus Gremli | 372, 408 |
| R. pendulinus Rob. Keller | 403 |
| R. phyllostachys P. J. M. | 350 |
| – – var. adenophorus Rob. Keller | 350 |
| R. pilocarpus Rob. Keller | 388 |
| R. pilocephalus Gremli | 405 |
| R. pinicola Hofmann | 383 |
| R. podophyllus P. J. M. | 384 |
| R. polyacanthus Gremli | 402 |
| R. polysetosus Rob. Keller | 408 |
| R. posoniensis Sabransky | 397 |
| R. prionotus Rob. Keller | 410 |
| R. propinquus Rob. Keller | 367 |
| R. pseudo-Bayeri Rob. Keller | 402 |
| R. pseudo-Bellardii Rob. Keller | 414 |
| R. pseudo-Güntheri Boulay | 408 |
| R. pseudopsis Gremli | 418 |
| R. pseudo-Schleicheri Rob. Keller | 389 |
| R. psiloclades Rob. Keller | 351 |
| R. psilocaulis Rob. Keller | 419 |
| R. psilophyllus Rob. Keller | 405 |
| R. pubescens W. | 349 |
| R. pulchellus Gremli | 398 |
| R. radula W. | 376 |
| R. rheni Rob. Keller | 359 |
| R. rhodius Rob. Keller | 415 |
| R. rivularis P. J. M. | 398 |
| R. ronensis Rob. Keller | 393 |
| R. rosaceus W. u. N. | 387 |
| R. roseostamineus Rob. Keller | 388 |
| R. rubicundus P. J. M. | 368 |
| R. rudis W. u. N. | 373 |
| – – var. subrotundus Rob. Keller | 374 |
| – – var. hylotomiophilus Rob. Keller | 374 |
| R. rudis W. u. N. × R. bregutiensis Kerner | 382 |

| | Seite |
|---|---|
| R. rudis W. u. N. × R. caesius L. | 382 |
| R. rudis W. u. N. × R. vestitus W. u. N. | 382 |
| R. rufescens Rob. Keller | 396 |
| R. saltuum Focke | 380 |
| R. saltuum Focke × R. hirtus W. K. | 382 |
| R. saxatilis L. | 345 |
| R. scaber W. u. N. | 377 |
| R. sanzenbergensis Rob. Keller | 347 |
| R. schauenbergensis Rob. Keller | 400 |
| R. serpens W. | 400 |
| R. serrulatus Lind. | 419 |
| R. sonderi Rob. Keller | 376 |
| R. sordidus Gremli | 397 |
| R. stenocalycinus Rob. Keller | 394 |
| R. stenoporus Rob. Keller | 372 |
| R. stenothyrsus Rob. Keller | 379 |
| R. stricticaulis Gremli | 411 |
| R. suavifolius Gremli | 371 |
| R. subcanus P. J. M. | 371 |
| R. suberectus Anders. | 346 |
| R. sulcatus Vest | 347 |
| R. sulcatus V. × R. bifrons V. | 347 |
| R. sulcatus V. × R. caesius L. | 347 |
| R. sulcatus V. × R. tomentosus Borkh. | 347 |
| R. sulcatus V. × R. vestitus W. u. N. | 347 |
| R. tardiflorus Gremli | 410 |
| R. tenuiglandulosus Gremli | 396 |
| R. thyrsanthus Focke | 349 |
| R. thyrsanthus Focke × R. tomentosus Borkh. | 352 |
| R. thyrsifloroglandulosus Rob. Keller | 394 |
| R. thyrsifloroideus Rob. Keller | 394 |
| R. thyrsiflorus W. u. N. | 390 |
| R. thyrsoideus Wimmer × R. caesius L. | 352 |
| R. thyrsoideus Wimmer × R. tomentosus Borkh. | 352 |
| R. tomentosus Borkh. | 352 |
| – – var. canescens Wirtgen | 353 |
| – – var. cinereus Focke | 353 |
| – – var. glabratus Godr. | 353 |
| – – var. meridionalis Kerner | 353 |
| – – var. setosoglandulosus Wirtgen | 353 |
| – – var. villicaulis Gremli | 353 |
| – – var. villosus Rob. Keller | 354 |
| R. tomentosus Borkh. × R. bifrons Vest | 354 |
| R. tomentosus Borkh. × R. bregutiensis Kerner | 355 |
| R. tomentosus Borkh. × R. caesius L. | 355 |
| R. tomentosus Borkh. × R. caesius L. × R. bifrons Vest | 354 |
| R. tomentosus Borkh. × R. macrostemon Focke | 354 |
| R. tomentosus Borkh. × R. vestitus W. u. N. | 355 |
| R. tristis Gremli | 411 |
| R. tumidus Gremli | 351 |
| R. turicensis Rob. Keller | 392 |
| R. vestitus W. u. N. | 365 |
| R. vestitus W. u. N. × R. caesius L. | 373 |
| R. vestitus W. u. N. × R. hirtus K. W. | 373 |
| R. Villarsianus Focke | 416 |
| R. viridis Kaltenbach | 390 |
| R. vitodurensis Rob. Keller | 363 |
| R. Warmingii G. Jensen | 414 |
| R. wildensbuchiae Rob. Keller | 364 |
| R. xanthacanthus Rob. Keller | 413, 415 |
| Silvatici | 360 |
| Suberecti | 346 |
| Tomentosi | 352 |
| Vestiti | 362 |

# Die ausgestorbene Fauna von Kreta und ihre Beziehungen zur Minotaurus-Sage.

Von

C. Keller.

---

Im August und September 1909 verweilte ich zum Zweck zoologischer Studien auf der Insel Kreta. Handelte es sich zunächst um Ermittlungen über die Veränderungen der Haustierwelt während der historischen Zeit, so richtete sich gleichzeitig mein Augenmerk auch auf die Wildfauna und günstige Verumständungen machten mich mit neuem einschlägigem Material bekannt.

Dass Kreta seit Beginn der geschichtlichen Zeit starke Veränderungen erlitten hat, lässt sich von vornherein erwarten. Diese grösste Insel des Ägäischen Meeres war noch zur homerischen Zeit gut bewaldet und stark bevölkert. Die natürlichen Hülfsquellen flossen damals weit reichlicher als heute, wo die Gebirge ganz verkarstet sind und Kreta nach allen Richtungen hin verarmt erscheint.

Aufschlüsse über die einstige Tierwelt gab mir zunächst der Besuch der Ruinen von Knossos, wo der berühmte Palast des Königs Minos völlig ausgeräumt wurde und mir wichtige Tierreste bot.

Sodann wurden mir von den kretischen Behörden die Sammlungen des Museums in Candia in der liberalsten Weise zugänglich gemacht. Dieses in seiner Art einzig dastehende Museum hat neben den archäologischen Fundobjekten auch Knochenfunde aufbewahrt, die freilich in den Magazinen versteckt waren. Das Studium derselben wurde mir durch das liebenswürdige Entgegenkommen des Sammlungsdirektors, Herrn Dr. Hazidakis, und des Ephoros der kretischen Sammlungen, Herrn Xanthudidis, ermöglicht.

Die Annahme, dass in der Tierwelt von Kreta seit Anwesenheit des Menschen starke Veränderungen Platz gegriffen haben, ist uralt; sie geht bis in die Heroenzeit zurück. Diodor berichtet, dass es Herkules gewesen sei, der die Insel von allem Ungeziefer gereinigt

und die Bären und Wölfe, die einst vorhanden waren, vertilgt habe. Die Herden wurden daher nicht mehr belästigt und konnten während der Nacht freigelassen werden. Die Insel hiess aus diesem Grunde bei den Alten die „Glückselige". Ehedem soll auch der Hirsch häufig gewesen sein.

Die neuere Zeit war für die weitere wissenschaftliche Erforschung der Minos-Insel nicht eben günstig. Die periodischen Aufstände und die dadurch herbeigeführten politischen Wirren machten das Land unzugänglich. Erst seit einem Jahrzehnt ist wieder Ruhe eingekehrt, die Erforschung des Landes machte wieder Fortschritte und zeitigte vorab auf archäologischem Gebiete jene glänzenden Ergebnisse, die wir heute im kretischen Museum niedergelegt finden. Für die zoologische Wissenschaft ist dabei Manches abgefallen, in dem wir auf den ausgegrabenen Kunstgegenständen ungemein naturwahre Darstellungen von heimischen Tieren finden, die bis zum Beginn des zweiten vorchristlichen Jahrtausends zurückreichen, also bis auf die mythische Periode zu verfolgen sind. Anderseits sind die gesammelten Knochenreste beredte Zeugen für das Vorhandensein einer Fauna, von deren Existenz wir bisher keine sichere Kunde hatten.

Neben der heute noch auf den höheren Gebirgen vorhandenen Wildziege, die man mit Unrecht als erloschen bezeichnen wollte, lässt sich das Verzeichnis der einst vorhandenen grösseren Säugetiere um das Wildschwein, den Edelhirsch, den Bison und den Urochsen (Bos primigenius) vermehren.

Damit wird auch neues Licht verbreitet über die geologische Frage der Entstehung von Kreta.

In der Neuzeit herrscht die Strömung vor, die Loslösung der Insel von Kleinasien ins Pliocaen zu verlegen. So weist W. Kobelt[1]) auf den starken Endemismus der Molluskenfauna hin, die im übrigen westasiatische Züge erkennen lässt. Er leugnet einen Zusammenhang in diluvialer Zeit:

„Gegen einen solchen spricht auch die eigentümlich lückenhafte Zusammensetzung der freilich noch unvollkommen bekannten Säugetier- und Reptilienfauna, das Fehlen aller Raubtiere und Giftschlangen, das schon den Alten auffiel. Rechnen wir dazu das Fehlen aller Clausiliengruppen ausser Albinaria, von Cyclostoma, Campylaea, Zonites, Fruticicola, Codringtonia, Levantina, die ganz eigentümliche Entwicklung von Xerophila, so muss uns der Zusammenhang in der Diluvialperiode ziemlich zweifelhaft erscheinen."

[1]) Dr. W. Kobelt. Studien zur Zoogeographie. 1898. II. Bd. pag. 315.

Ich kann mich der Ansicht von Kobelt, die in jüngster Zeit auch Th. Arldt[1]) übernommen hat, nicht anschliessen. Die Molluskenfauna allein, so wichtig sie sonst in vielen Fällen für die Entscheidung von erdgeschichtlichen Fragen geworden ist, kann gerade hier nicht den Ausschlag geben. Die Verhältnisse der Insel, insbesondere der klimatische Charakter, haben sich seit Anbeginn der historischen Zeit derart geändert, dass wohl manche Eigentümlichkeiten der Landmollusken-Fauna daraus erklärt werden können.

So schwere Tierformen wie Ur und Bison sind nicht zufällig importiert worden, trotzdem die Bewohner von Kreta schon in vorhomerischer Zeit einen regen Seeverkehr mit Kleinasien unterhielten. Es sind das Wildformen, deren Fang schon mit Gefahren verbunden war und deren Transport den kleineren Fahrzeugen, wie sie die Kreter besassen, die allergrössten Schwierigkeiten verursacht hätte.

Reste des Bison leben heute noch im Kaukasus und das Vorkommen des Ur im westlichen Asien ist sicher nachgewiesen. Tristram fand seine fossile Spur im Libanon und die assyrischen Künstler haben uns sein Bild recht getreu übermittelt. Der biblische „Reem“ und der assyrische „Rimu“ sind nichts Anderes als Bezeichnungen für Bos primigenius. Der kretische Ur und der kretische Bison datieren aus der Zeit, da Kreta noch eine landfeste Verbindung mit Kleinasien besass. Eine solche musste aber noch während der Diluvialzeit bestanden haben, denn die Akme der Species Bos primigenius gehört dem Diluvium an.

---

Im folgenden gebe ich ein Verzeichnis der Säugetier-Funde, die in der neuesten Zeit auf Kreta gemacht wurden. Sie stammen von verschiedenen Lokalitäten, unter denen ich in erster Linie das alte Knossos, dann das nur wenige Stunden davon entfernte Tylissos, ferner Palaeokastro, Phästos und Haghia Triada namhaft mache.

## Das Wildschwein.

(Sus scrofa.)

Unser europäisches Wildschwein ist auf Kreta seit langer Zeit erloschen. Schon F. W. Sieber, welcher die Insel 1817 bereiste, hebt das Fehlen dieser Art hervor[2]) und V. Raulin, der 1869 eine

[1]) Theodor Arldt. Die Entwicklung der Kontinente und ihrer Lebewelt. Leipzig 1907. Pag. 301.

[2]) F. W. Sieber. Reise nach der Insel Kreta. Leipzig und Sorau. 1823.

zoologische Liste der kretischen Säugetiere veröffentlichte[1]), erwähnt das Wildschwein nicht. Dagegen scheint dasselbe noch in historischer Zeit vorhanden gewesen zu sein, indem Plinius von Ebern spricht, die um Cydonia vorkamen. Die Angabe gewinnt einen positiven Hintergrund durch einen Fund von Tylissos. Herr Dr. Hazidakis, welcher dort Ausgrabungen vornahm, übergab mir zwei Zähne zur Bestimmung, die aus der minoischen Zeit stammen. Es sind zwei obere Eckzähne von Sus scrofa ferus, die jüngeren Exemplaren angehören. Dass Sus scrofa in gezähmtem Zustande je in Kreta vorhanden war, ist ganz unwahrscheinlich. Es liegen dafür keinerlei Anhaltspunkte vor.

Im Minospalast in Knossos konnte ich zwar aus dem Schutte Kieferfragmente mit vorhandenen Backenzähnen herauslesen, die einem zahmen Schwein angehören. Sie müssen jedoch ihrer Beschaffenheit nach der Sus indicus-Rasse zugewiesen werden. Das Museum in Candia bewahrt zahlreiche untere Eckzähne eines Schweines auf, die in einem Grabe in Knossos aufgefunden wurden. Sie zeigen Spuren der Bearbeitung und waren einem Helm aufgenäht, um ihn stärker zu machen. Sie stammen aber nicht vom Wildschwein, sondern gehören alle dem zahmen Sus indicus an.

## Der Edelhirsch.

(Cervus elaphus.)

Auch diese Art ist längst erloschen. Bei Sieber[2]) finde ich die Bemerkung: „Hirsche, der Diana ehedem geheiligt, waren in der Nähe von Cydonia, jetzt findet man sie hier gar nicht mehr."

Sicher ist, dass Kreta einst Hirsche besessen hat. So wurden sie aus quaternären Ablagerungen von V. Simonelli nachgewiesen[3]), allerdings in einer von C. elaphus etwas abweichenden Form, für die der genannte Autor den Namen C. cretensis geschaffen hat.

Ein Geweihfragment, aus dem Anfang der eigentlich mykenischen Zeit stammend, erhielt ich aus Haghia Triada. Es gehört einer etwas zart gebauten Form von C. elaphus an. Dieser Fund bestätigt, dass die heute fast waldlose Insel einst waldreich gewesen sein muss, in dem es sich hier ja um ein typisches Waldtier handelt. Noch in homerischer Zeit war Wald vorhanden, die Sorglosigkeit

[1]) V. Raulin. Description physique et naturelle de l'Ile de Crète. Paris 1869. Pag. 1033.

[2]) F. W. Sieber. Loc. cit. II. Bd. pag. 98.

[3]) Vittorio Simonelli. Mammiferi quaternari dell' Isola di Candia. Memorie d. Acc. Sc. Ist. di Bologna. 1907.

der Menschen, vorab aber die weidenden Ziegen und Schafe verursachten ein Verschwinden der Wälder.

## Die kretische Wildziege.

(Capra aegagrus.)

Auch diese Art ist gelegentlich als ausgestorben erklärt worden. J. M. Sieber schreibt in seiner „Reise nach der Insel Kreta", dass vordem arabische Steinböcke vorkamen und fügt hinzu: „Seitdem die Sphakioten die Pfeile abgelegt und Feuergewehre sich angeeignet haben, sind aber auch diese verschwunden. Die Ziegen, welche entspringen und verwildern, werden mit Unrecht dahin gezählt".

Neuere Autoren erklären jedoch mit grosser Übereinstimmung, dass echte Wildziegen noch heute in den Gebirgen von Kreta vorkommen.

V. Raulin hält sie für identisch mit dem Sinaisteinbock und führt sie unter dem Namen Capra nubiana auf. Diese Ansicht ist indessen durch die treffliche Arbeit von Dr. Ludwig von Lorenz-Liburnau über griechische Wildziegen 1899 endgültig widerlegt[1]) worden und ich kann auf Grund eigener Untersuchungen nur beistimmen. Ich erhielt in Herakleion (Candia) ein prachtvolles Gehörn, das an der äusseren Curvatur 68 Centimeter misst und seiner Beschaffenheit nach in den Formenkreis von Capra aegagrus hineingehört. Es stammt von einem stattlichen Bock, der unlängst im Gebirge des Ida erlegt wurde. Das bogige Gehörn ist zweikantig, mit einzelnen unregelmässigen Knoten, die Hornspitze nicht aus der Ebene heraustretend.

Nach zuverlässigen Mitteilungen, die ich in Candia und Canea erhielt, ist die kretische Wildziege gegenwärtig noch sehr häufig in den Sphakiotischen Bergen, wo junge Tiere nicht selten eingefangen werden. Um den Gebirgsstock des Ida herum (Mittelkreta) leben noch einzelne Trupps, dagegen sind solche in Ost-Kreta selten geworden.

Ein Hornzapfen, der in Haghia Triada ausgegraben wurde und der minoischen Zeit angehört, entstammt einem stattlichen Exemplar. Die Spitze ist abgebrochen, der vorhandene Rest ist 30 Centimeter lang. Auf einem Becher aus der Grotte von Psychro ist das Gehörn von einem Künstler der minoischen Zeit recht gut dargestellt worden.

[1]) Ludwig v. Lorenz-Liburnau. Die Wildziegen der griechischen Inseln. Wissensch. Mitth. aus Bosnien und der Herzegowina. Wien 1899.

## Der Wisent.

(Bison europaeus.)

Die einstige Anwesenheit eines Bison auf der Insel Kreta wird bezeugt durch einen Fund aus minoischer Zeit. Ich erhielt von Phästos einen gut erhaltenen Hornzapfen, der an der Basis einen Umfang von 30 Centimeter besitzt, an der inneren Curvatur 42 Centimeter lang ist, während die äussere Curvatur 50 Centimeter misst. Das Exemplar gehört gegenwärtig dem Museum in Candia.

Der Umstand, dass von den vielen und gut durchsuchten Fundstätten bisher nur eine einzige Lokalität (Phästos) Reste dieses Wildrindes lieferte, lässt vermuten, dass der Wisent nicht übermässig zahlreich vorkam. Doch lässt sich die relative Seltenheit von Bisonresten möglicherweise auch daraus erklären, dass die Jagd grosse Schwierigkeiten bot.

## Der Ur.

(Bos primigenius.)

W. Kobelt bemerkt in seinen „Studien zur Zoogeographie" mit Bezug auf Wildrinder[1]): „Dass in historischer Zeit ein wilder Ochse sich am Mittelmeer gefunden habe, ist meines Wissens nicht sicher bezeugt. Der marathonische Stier den Herkules von Kreta holte und den Theseus schliesslich erlegte, erscheint nicht als ein einheimisches, sondern als ein Wundertier, das Poseidon aus den Fluten steigen liess".

Zuverlässige Funde, die seither gemacht wurden, sind mir nicht bekannt mit Ausnahme der Funde aus den Höhlen von Dicte, über die Professor Boyd Dawkins kurz berichtet.[2]) Dieser Autor erwähnt zwei Hornzapfen aus mykenischen Schichten, die einem Rinde angehören, das er mit keiner der bisher beschriebenen Arten identifizieren kann und für welches er den provisorischen Namen Bos creticus vorschlägt. Boyd Dawkins hält dasselbe für ein zahmes Rind („domestic ox"), mit dem wilden Urochsen hat es also nichts zu tun.

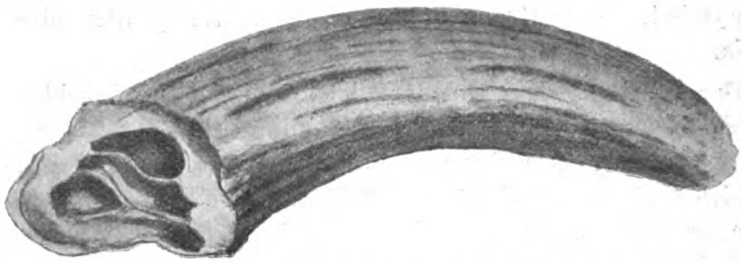
Zu meiner grossen Überraschung erhielt ich Reste des Wildochsen in grosser Zahl und von verschiedenen Lokalitäten der Insel Kreta.

---

[1]) W. Kobelt. Zoogeographie. II. Bd. pag. 153.

[2]) In den Memoirs and Proceedings of the Manchester Literary and philosophical Society. 1902. Vol. 46.

Den ersten Fund machte ich in Knossos. Er bestand in einem guterhaltenen Hinterschädel von Bos primigenius und 16 Hornzapfen, die alle zweifellos dem Ur angehören. Diese Knochenreste lagen unbeachtet in einer Ecke des sogenannten Thronsaales des Königs Minos. Die kretischen Archaeologen verbrachten sie sobald ich sie darauf aufmerksam machte, sofort ins Museum in Candia, wo sie nun in einer besonderen Vitrine aufgestellt sind. Ein Hornzapfen befindet sich zur



Hornzapfen eines Minos-Stieres [Bos primigenius] (nach einer in Knossos aufgenommenen Originalskizze).

Zeit in meinem Privatbesitz. Obschon die Spitze stets abgebrochen ist, messen doch einzelne Zapfen gegen 40 Centimeter in der Länge und haben an der Basis einen Umfang von 23—24 Centimeter. Der im Minospalast aufgefundene Primigenius-Schädel zeigt am vorderen Ende deutliche Brandspuren. Ich werde auf diesen nicht unwichtigen Punkt später zurückkommen.

Genaue Erkundigungen über die ursprüngliche Lagerstätte, die ich in Knossos einzog, ergaben, dass sämtliche Knochenreste in einem besonderen Raum auf der Nordostseite des Minospalastes ausgegraben wurden. Sie gehören somit der minoischen Zeit an.

Ein Hornzapfen mit abgebrochener Spitze stammt ferner von Palaeokastro. Die minoische Station von Tylissos lieferte das untere Ende eines Femur von Bos primigenius; ein anderes Femur-Fragment kam in den neolithischen Ablagerungen von Knossos zum Vorschein. Daneben finden sich noch zahlreiche bildliche Darstellungen des kretischen Ur als Erzeugnisse der altkretischen Kunst, die bis in den Beginn des zweiten vorchristlichen Jahrtausends zurückreichen.[1])

Der schwarze Stierkopf aus Knossos, welcher aus Steatit gefertigt wurde, ist offenbar eine etwas schematisierte, aber treffliche gearbeitete Figur eines Urstieres.

Aus der Blütezeit der vormykenischen oder minoischen Kunst

[1]) Eine bildliche Wiedergabe dieser alten Dokumente behalte ich mir für meine spätere Monographie der Haustierfauna der Mittelmeer-Inseln vor, mit deren Ausarbeitung ich gegenwärtig beschäftigt bin.

stammt ein herrlicher Stierkopf in Lebensgrösse, der in Knossos aufgefunden wurde. Es ist ein Marmorrelief des Bos primigenius mit wunderbar lebensvollem Ausdruck, das älteste und bedeutendste Erzeugnis der Bildhauerei auf dem Gebiet der Tierplastik. Eine Freskenmalerei aus dem Minospalast, nach welcher offenbar das Stierbild in Tiryns kopiert wurde, stellt ein grosses Vollbild des Ur dar, wie aus dem Gehörn leicht ersichtlich ist. Der Stier ist in Sepienbraun gemalt, die Hörner in heller, fast weisser Farbe gehalten.

Ein Trinkbecher von Psychro lässt eine recht gute Darstellung des Ur-Kopfes erkennen. Am Ende der minoischen Periode, also zu einer Zeit, die wir bereits als eigentlich mykenisch bezeichnen müssen, lässt sich ein starker Niedergang der so hoch entwickelten kretischen Kunst erkennen. Aus dieser Zeit stammen eine Menge von kleinen Thonfiguren, die Rinder darstellen. So schlecht sie auch gearbeitet, teilweise schon stark stylisiert sind, so lassen sie doch deutlich die Primigeniusmerkmale erkennen.

Gute Darstellungen des Ur finden sich auch auf einem Steatitbecher, der in Haghia Triada aufgefunden wurde.

Ich möchte hier noch kurz erwähnen, dass die berühmten Goldbecher von Vaphio offenbar kretische Motive enthalten. Die auf ihnen dargestellte Rinder habe ich schon früher als Bos primigenius nachgewiesen.[1]) Nachdem ich die Originalstücke in Athen gesehen und eine Nachprüfung im griechischen Nationalmuseum vornehmen konnte, stehe ich nicht an, die dargestellten Jäger als Kreter (Eteokreten) zu erklären. Die Becher können ganz gut in Vaphio oder sonstwo in Griechenland gearbeitet worden sein, aber der Goldarbeiter war mit höchster Wahrscheinlichkeit aus Kreta stammend.

## Der zoologische Hintergrund der Minotaurus-Sage.

Volkssagen sind naturgemäss ein Erzeugnis der Volksphantasie. Sie gehen indessen von gewissen Tatsachen aus; diese werden aber sehr frei behandelt, poetisch ausgeschmückt, nicht selten auch bis zur Unkenntlichkeit verzerrt.

Es ist oft schwer, den positiven Hintergrund herauszufinden, aber ein solcher ist immerhin vorhanden. Ich erinnere an die griechische Sage vom goldenen Vliess, das auf dem Argonautenzuge in Kolchis geholt wurde.

---

[1]) C. Keller. Figuren des ausgestorbenen Ur (Bos primigenius) aus vorhomerischer Zeit. Globus Bd. 52.

Ferner:

C. Keller. Die Abstammung der ältesten Haustiere. Zürich 1902.

Die zoologische Forschung hat nachzuweisen vermocht, dass die feinen Wollschafe ursprünglich aus jener Region, aus dem Gebiet des alten Kolchis stammen und später von Griechenland übernommen wurden, wo die Schafzucht bis heute eine hervorragende Rolle spielt. Unter dem goldenen Vliess ist eben der gelbwollige Träger des Wollkleides zu verstehen, das eigentlich weiss ist, aber durch den aufgenommenen Fettschweiss gelblich erscheint.

Die Minotaurus-Sage der Griechen lautet merkwürdig bestimmt und geht sehr auf Einzelheiten ein. So ansprechend sie für die Phantasie ist, so ist sie doch nicht einfache Erfindung, sondern muss irgend einen zoologischen Hintergrund haben. Aber dieser Hintergrund blieb uns bisher völlig rätselhaft, denn für das Vorhandensein von Wildrindern auf Kreta hatten wir bisher keine sicheren Anhaltspunkte. Mit dem von mir geführten Nachweise ihres Vorhandenseins während der minoischen Zeit wird die Sachlage mit einem Schlage verändert.

Es ist sicher, dass Kreta noch im zweiten vorchristlichen Jahrtausend Wildrinder besessen hat und zwar sowohl den Bison wie den Urochsen. Die Reste des letzteren sind indessen ungleich häufiger als diejenigen des Wisent. Wir können nun unschwer verstehen, wie die Einzelheiten der Minotaurus-Sage entstehen konnten.

Letztere darf ich zwar als bekannt voraussetzen, gebe sie aber dennoch der genaueren Analyse wegen hier in Kürze:

Der kretische Minotaurus war ein Ungeheuer mit menschlichem Körper und einem Stierkopf, das zur Zeit des mächtigen und geistig hochbegabten Königs Minos lebte. Die Gemahlin desselben, Pasiphaë, empfand eine unnatürliche Neigung zu einem weissen Stier, den Poseidon aus den Fluten steigen liess. Als Folge dieser seltsamen Eheirrung gebar Pasiphaë den scheusslichen Minotaurus, für den Dädalus das Labyrinth erbaute und worin man das Ungeheuer einsperrte und ihm Menschen opferte. Die Athener mussten alle sieben Jahre je 7 Jungfrauen und 7 Jünglinge als Tribut nach Kreta senden, wo diese dem Minotaurus geopfert wurden. Theseus gelang es, diesen Tribut abzuschaffen. Er liess sich unter die sieben Jünglinge aufnehmen, drang mit Hülfe der Ariadne und des Dädalus ins Labyrinth ein, wo er den Minotaurus tötete und dann nach Athen unter Mitnahme der Ariadne zurückkehrte.

Herkules hat den kretischen Stier, mit dem Pasiphaë den Minotaurus erzeugt haben soll, eingefangen und nach Griechenland gebracht. Er wurde später von Theseus erlegt.

Es liegt auf der Hand, dass in dieser Sage eine recht bösartige Gesinnung gegen die Kreter zum Ausdruck kommt. Das mächtige

kretische Reich, das Minos regierte, hatte sich nicht nur über die ägäische Inselwelt ausgedehnt, sondern auch die Athener unterjocht. Letztere wagten es nicht, mit übler Nachrede sich an König Minos zu rächen, dazu war Minos viel zu hochstehend; darum rächten sie sich an seiner Gemahlin und sagten ihr Dinge nach, aus denen ein tiefer Hass spricht.

Es ist ja physiologisch eine Unmöglichkeit, dass Pasiphaë den oben bezeichneten Bastard erzeugen und gebären konnte. Übrigens hatte sie ihrem Gemahl 4 Söhne und 4 Töchter geschenkt, was durchaus gegen perverse Neigungen spricht.

Unter dem Minotaurus haben wir uns somit nicht ein Ungeheuer zu denken, das menschliche Merkmale mit denjenigen eines Stieres vereinigte. Das ist eine Verirrung der menschlichen Phantasie und die Erzeugnisse der kretischen Kleinkunst, welche gelegentlich solche Kombinationen darstellen, wollen damit einfach der Idee Ausdruck geben, dass eine prinzipielle Verschiedenheit von Mensch und Tier gar nicht existiert. Dieser Gedanke ist von den Kretern mit höchster Wahrscheinlichkeit von Ägypten her übernommen worden, mit dem schon sehr früh rege Beziehungen unterhalten wurden.

Unter Minotaurus haben wir uns etwas ganz Natürliches vorzustellen. Sprachlich genommen, bedeutet der Name einfach „Stier des Minos". Meine Funde in Knossos stellen es so gut wie sicher hin, dass im Palaste des Minos Stiere gehalten wurden. Dass in demselben noch 16 Hornzapfen, die also mindestens 8 Stierindividuen angehörten, ausgegraben wurden, erscheint doch gewiss recht bemerkenswert. Noch bedeutungsvoller ist das Auftauchen eines stark angebrannten Stierschädels. Man weiss, dass im Beginn der eigentlich mykenischen Zeit eine Katastrophe eintrat, indem der Palast zu Knossos durch einen Brand teilweise zerstört, später aber wieder aufgebaut wurde. Der Stierschädel steht offenbar in engem Zusammenhang mit jenem Palastbrand.

Wozu die erwähnten Stiere dienten, soll nachher noch genauer erörtert werden.

Das berühmte kretische Labyrinth wäre demnach in Knossos zu suchen.

Ich weiss, dass diese Frage manche Kontroversen hervorgerufen hat.

Lange Zeit hindurch suchte man das Labyrinth in Südkreta. Etwa eine Stunde von dem alten Gortyna entfernt sind alte Steinbrüche vorhanden, die ehedem ausgebeutet wurden und in denen man sich schwer zurecht findet. Hier soll der Minotaurus gehaust haben.

Das ist nun sehr unwahrscheinlich, indem sowohl Diodor wie Plinius angeben, dass Dädalus, der Baumeister des Königs Minos, das Labyrinth nach ägyptischem Muster gebaut habe.

Mit den Forschungen von Arthur Evans ist die Frage wohl endgültig abgeklärt. Nach ihm ist das Labyrinth nichts anderes als der Minospalast in Knossos. Hier befand sich in den weitläufigen Räumen das Kultobjekt der alten Kreter, die Doppelaxt oder „Labrys" aufgestellt. Ich muss gestehen, dass ich von der Richtigkeit der Evansschen Ansicht schon beim ersten Gang durch die nunmehr freigelegten Palasträume überzeugt wurde. Ohne Führer findet man sich in dem Gewirr von Gemächern schwer zurecht.

Der Nachweis eines Stierschädels und zahlreicher Hörner dürfte uns nur darin bestärken, dass hier Minotauren, d. h. Stiere des Minos untergebracht waren.

Dädalus wäre es wohl kaum eingefallen, auf der entgegengesetzten Seite der Insel ein Labyrinth zu bauen, das man erst nach drei beschwerlichen Tagereisen erreichen konnte! Zu welchem Zwecke wurden nun in Kreta wilde Stiere eingefangen und im Palast eingesperrt? Die Antwort darauf gibt uns ein merkwürdiges Wandgemälde, das einst die Wände des Minospalastes zierte und heute — allerdings stark restauriert — im Museum in Candia aufbewahrt wird. Man erkennt auf demselben einen naturwahr gezeichneten Stier in vollem Lauf. Auf seinem Rücken führt ein Gaukler einen Salto mortale aus, in dem er sich mit den Händen in die Flanken des Stieres stemmt, die Beine hoch in die Luft wirft und nach hinten abzuspringen im Begriff ist.

Hinten breitet eine hochgewachsene, schlanke Jungfrau beide Arme aus, um ihn aufzufangen, vorn schwebt eine ähnlich gestaltete Jungfrau in der Luft und hält sich an dem gewaltigen Gehörn des Stieres fest.

Es wurden offenbar in Knossos Tierspiele oder Stierkämpfe abgehalten und das ebene Plateau, das sich im Norden des Palastes unmittelbar anschliesst, mochte dazu gedient haben.

Bei diesem Stier-Sport traten sowohl Jünglinge als Jungfrauen auf; wie wir dem Bilde entnehmen, trugen sie während der Vorstellungen ein leichtes, enganliegendes Kostüm, bestehend aus Stiefelchen und badhosenähnlichen Anzügen, die eine möglichst freie Bewegung gestatteten.

Was die im Minospalast gehaltenen Stiere anbetrifft, so waren sie wohl vorher im Freien eingefangen und dann gezähmt worden. Man dürfte meist junge Stiere eingefangen haben, die sich zur Zähmung besser eigneten als ältere Tiere. Es ist bezeichnend, dass

die von mir in Knossos gefundenen Hornreste alle auf nicht sehr alte Exemplare hinweisen.

Der Tribut, den Athen liefern musste, ist so gedeutet worden, dass man die eingesandten Jungfrauen und Jünglinge als Sklaven behandelte, die an die besten Stierfechter verschenkt wurden. Ich möchte eine andere Erklärung vorschlagen, die mir naheliegender zu sein scheint.

Es ist einleuchtend, dass die Stierspiele auf Kreta nicht immer harmlos abliefen. Wenn die Minos-Stiere auch bis auf einen gewissen Grad zahm gemacht wurden, so waren doch Rückfälle in die ursprüngliche Wildheit nicht ausgeschlossen. Von den athenischen Jungfrauen und Jünglingen verunglückten wohl gelegentlich einzelne und die Lücken mussten ersetzt werden. Auch bei dem Einfangen der wilden Urochsen kamen Unglücksfälle vor, wie wir einem Bilde aus Haghia Triada deutlich entnehmen können.

Die Kreter gaben sich wohl zu diesem gefährlichen Sport nicht gern her und so legte man den stammverwandten Athenern die Verpflichtung auf, immer wieder junge, gewandte Leute nachzusenden. Ihr früheres oder späteres Schicksal war unvermeidlich — sie fielen dem Minotaurus zum Opfer.

Wenn die Sage den Theseus nach Kreta ziehen lässt und dieser mit Hülfe der Ariadne ins Labyrinth gelangt, um den Minotaurus zu töten, so ist das einfach poetische Zutat. Theseus soll um die Ariadne geworben haben und erwirkte die Aufhebung des lästigen Tributes. Er muss mit Minos ganz gute Beziehungen unterhalten haben, denn als Ariadne starb, gab ihm der kretische König seine andere Tochter Phaedra als Ersatz zur Frau. Hätte Theseus die Rache von Minos durch Tötung des Minotaurus herausgefordert, so wäre Athen wohl mit Krieg überzogen worden.

Unter den Grosstaten des Herkules figuriert endlich noch die Einfangung des kretischen Stieres, den man in Griechenland laufen liess, bis ihn Theseus erlegte.

Der zoologische Hintergrund dieser poetischen Darstellung ist leicht erkennbar.

Der Stierfang wurde, wie uns ein Bild aus Haghia Triada belehrt, in der Tat in Kreta betrieben. Eine Kraftnatur wie Herkules musste sich naturgemäss auch damit befassen. Die Tötung des marathonischen Stieres durch Theseus ist wohl nur eine Umschreibung der Tatsache, dass Urochsen nicht allein in Kreta, sondern auch auf dem Festlande von Griechenland vorkamen.

# Über Lamberts flächentreue Azimutalprojektion.

Von

K. Brandenberger.

## § 1.

In dem rechtwinkligen räumlichen Koordinatensystem $O(x, y, z)$ stelle die Kugel mit dem Zentrum $M$ $(0, 0, -1)$ und dem Radius 1, die Erde und die $(xy)$-Ebene die Bildebene von Lamberts flächentreuer Azimutalprojektion dar (Fig. 1). (Wir werden diese Projektion kurz als „Lambertsche Projektion" bezeichnen.) [1])

Die Lambertsche Projektion $P^*$ des Punktes $P$ der Erde kann in folgender Weise definiert werden:

1. Das Kugelazimut des Punktes $P$ ist gleich dem Kartenazimut des Punktes $P^*$, d. h. die Punkte $P$ und $P^*$ liegen in der gleichen Ebene durch die $z$-Achse;

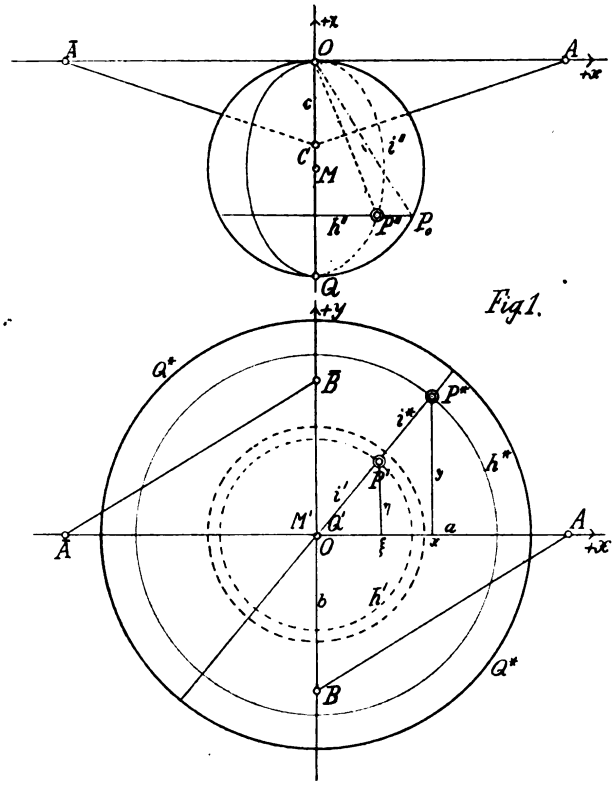
[1]) Zur Orientierung über diese Kartenprojektion verweisen wir auf die E. M. W., Bd. VI 1 A und auf Lambert, Beiträge zum Gebrauche der Mathematik, Berlin 1772. Teil III, Seite 105. Die Lambertsche Projektion hat erst in den letzten Jahrzehnten die nötige Würdigung gefunden „und es ist anzunehmen, dass sie in der Zukunft in den Atlanten eine dominierende Stellung einnehmen wird". (Zöppritz-Bludau, Kartenentwurfslehre, Leipzig 1899). Dies ist in dem schweizerischen Schulatlas, der von der Konferenz kantonaler Erziehungsdirektoren mit Unterstützung des Bundes herausgegeben und von Prof. Dr. A. Aeppli in Zürich bearbeitet wird, in der Tat der Fall. Über die praktische Bedeutung der Lambertschen Projektion schreibt Prof. Aeppli im „Jahrbuch des Unterrichtswesens in der Schweiz 1906":

„Für grössere Gebiete — Erdteile oder Halbkugeln — ist weitaus am besten Lamberts flächentreue Azimutalprojektion. Sie verbindet mit Flächentreue möglichst geringe Winkelverzerrung. Darin ist sie der bisher für Erdteilkarten fast immer verwendeten Bonne'schen Projektion weit überlegen.

Bei den Halbkugeln vertritt sie mit Vorteil die bisher meist angewendete stereographische Projektion, vor der sie den Vorzug der Flächentreue hat, während sich die Winkelfehler innert mässigen Grenzen halten.

Im Atlas findet man die Lambertsche Projektion für alle Erdteilkarten, inklusive Australien und Polynesien, sowie für die beiden Halbkugeln und für die Polarkarten auf Seite 122 und 123 angewendet."

2. Die Kugelsehne $OP$ ist gleich dem Radius Vektor des Punktes $P^*$, also $OP = OP_0 = OP^*$ (Fig. 1).




In der vorliegenden Arbeit soll nun untersucht werden, wie sich im Lambertschen Entwurf beliebige Kreise der Kugel abbilden. Für spezielle Fälle ist diese Frage schon beantwortet. So folgt aus dem ersten Teil der Definition, dass die Grosskreise $i$ durch $O$ in gerade Linien $i^*$ übergehen, die sich im Kartenmittelpunkt $O$ so schneiden, dass die Karte in diesem Punkte winkeltreu ist. Ferner ergibt sich aus dem zweiten Teil der Definition der Lambertschen Projektion, dass den Kugelkreisen mit dem sphärischen Mittelpunkt $O$, den sogenannten Horizontalkreisen $h$, auch in der Kartenebene Kreise $h^*$ um $O$ entsprechen. Im Besonderen ist das Bild des Gegenpunktes des Kartenmittelpunktes, das Bild des Punktes $Q(0, 0, -2)$, der Kreis $Q^*$ um $O$ mit dem Radius 2. Dieser Kreis ist der Umriss des Lambertschen Entwurfes der ganzen Erde. — Endlich ist in verschiedenen Arbeiten gezeigt worden, das die Lambertschen Bilder der Parallelkreise und Meridiane Kurven 4. Ordnung sind.[1]) Die uns bekannten Beweise dieses Satzes benutzen die Be-

[1]) Siehe Fiorini: Le projezioni delle carte geografiche, Bologna 1881, pag. 423.

ziehungen zwischen den Stücken eines sphärischen Dreieckes und erfordern eine ziemlich umständliche Rechnung; auch muss der Beweis für Parallelkreise und Meridiane getrennt geführt werden. Hier werde ich nun beweisen, dass das Lambertsche Bild eines beliebigen Kugelkreises eine Kurve 4. Ordnung ist. Durch Spezialisierung gewinnen wir sodann die Gleichungen der Parallelkreis- und Meridianbilder. Von den Sätzen der sphärischen Trigonometrie machen wir keinen Gebrauch.

## § 2.

*A.* Ist $(x, y, z)$ ein beliebiger Punkt der Kugel mit dem Mittelpunkt $(0, 0, -1)$ und dem Radius 1, so ist

$$x^2 + y^2 + (z+1)^2 - 1 = 0,$$

oder

$$x^2 + y^2 + z^2 + 2z = 0. \tag{1}$$

Sind ferner $OA = a$, $OB = b$, $OC = c$ (Fig. 1) die Achsenabschnitte einer Ebene $E$, so lautet die Gleichung der Ebene

$$\frac{x}{a} + \frac{y}{b} + \frac{z}{c} - 1 = 0. \tag{2}$$

Wir wählen die Achsenabschnitte so, dass die Kugel von der Ebene geschnitten wird. Bezeichnen wir die Koordinaten eines beliebigen Punktes $P$ (Fig. 2) des Schnittkreises $k$ mit $\xi, \eta, \zeta$, so kann diese Kreislinie durch die Gleichungen

$$\xi^2 + \eta^2 + \zeta^2 + 2\zeta = 0 \tag{1'}$$

und

$$\frac{\xi}{a} + \frac{\eta}{b} + \frac{\zeta}{c} - 1 = 0 \tag{2'}$$

dargestellt werden. Sind endlich $x$ und $y$ die ebenen rechtwinkligen Koordinaten der Lambertschen Projektion $P^*$ des Kugelpunktes $P(\xi,\eta,\zeta)$, so ist zufolge der Definition der Lambertschen Projektion

$$\frac{\eta}{\xi} = \frac{y}{x} \tag{3}$$

und

$$\xi^2 + \eta^2 + \zeta^2 = x^2 + y^2. \tag{4}$$

Die Gleichung des Bildes $k^*$ der Kreislinie $k$ wird durch Elimination der Parameter $\xi, \eta, \zeta$ aus den Gleichungen (1'), (2'), (3) und (4) gefunden.

Aus (1') und (4) folgt zunächst

$$\zeta = -\frac{x^2 + y^2}{2}.$$

Ferner ergibt sich

$$\xi = \frac{a\,b\,x\,(x^2 + y^2 + 2c)}{2c\,(b\,x + a\,y)},$$

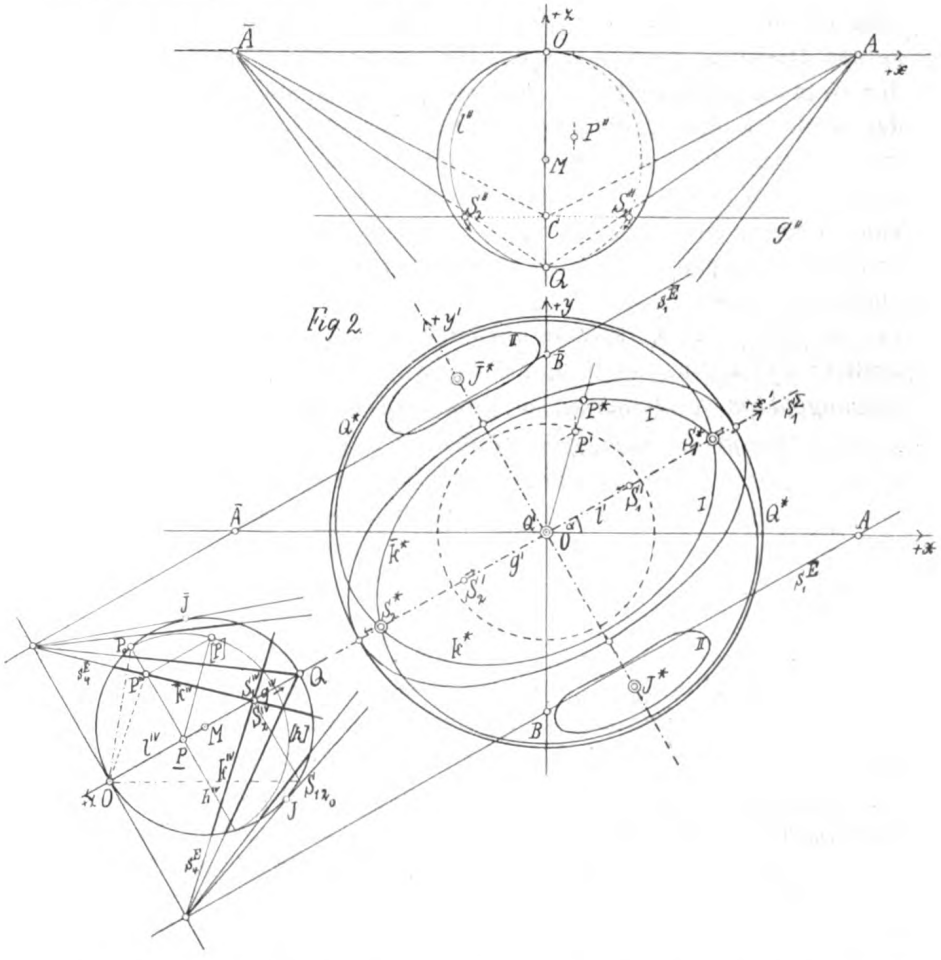
$$\eta = \frac{a\,b\,y\,(x^2 + y^2 + 2c)}{2c\,(b\,x + a\,y)}.$$

Führt man die Ausdrücke für $\xi$, $\eta$ und $\zeta$ in (1′) ein, so folgt nach leichten Umformungen als Gleichung der Kurve $k^*$

$$(5) \quad a^2 b^2 (x^2 + y^2 + 2c)^2 + c^2 (x^2 + y^2 - 4)(bx + ay)^2 = 0.$$

*I. In Lamberts flächentreuer Azimutalprojektion entspricht jedem Kreise der Kugel eine algebraische Kurve 4. Ordnung der Kartenebene.*

Weder die Achse der $x$ noch die Achse der $y$ ist Symmetrieachse der Kurve. Weil aber Gleichung (5) die Veränderlichen nur in gerader Dimension enthält, ist $O$ Symmetriezentrum von $k^*$. Ferner erkennt man, dass die Kurve zirkular ist, d. h. dass sie einfach durch die beiden imaginären Kreispunkte geht.




*B.* Die durch die Achsenabschnitte $-a, -b, c$ definierte Ebene $\bar{E}$ (Fig. 1 und 2: $O\bar{A} = -a$, $O\bar{B} = -b$, $O\bar{C} = c$) schneide die Kugel in dem Kreise $\bar{k}$. Auch das Bild dieses Kreises ist die Kurve (5); denn

gilt die Gleichung (5) für das Wertetripel $(a, b, c)$, so gilt sie auch für das Wertetripel $(-a, -b, c)$. Die Kurve $k^*$ besteht aus zwei Ovalen $k^*$ und $\bar{k}^*$, von welchen das eine dem Kreise $k$, das andere dem Kreise $\bar{k}$ entspricht.

Die Kreise $k$ und $\bar{k}$ sind kongruent und haben die durch die $z$-Achse gehende Halbierungsebene $\Sigma$ des Flächenwinkels der Kreisebenen $E$ und $\bar{E}$ zur Symmetrieebene. Die Schnittgerade $g$ der Ebenen $E$ und $\bar{E}$ ist eine erste Hauptgerade durch den Punkt $C$ (0, 0, $c$) und parallel zu den Horizontalspuren $s_1^E$, $s_1^{\bar{E}}$, $s_1^{\Sigma}$, die alle untereinander parallel sind. Die Gerade $g$ kann die Kugel in zwei, zur $z$-Achse symmetrischen Punkten $S_1$ und $S_2$ schneiden, im Anfangspunkt $O$ oder in seinem Gegenpunkt $Q$ berühren, oder endlich mit der Kugel keinen Punkt gemeinsam haben. Die Schnitt- und Berührungspunkte der Geraden und der Kugel sind auch Schnitt- und Berührungspunkte der Kreise $k$ und $\bar{k}$. Schnittpunkte von $k$ und $\bar{k}$ liegen also stets in $\Sigma$ und normalsymmetrisch zur $z$-Achse und besitzen immer den Abstand $c$ von der Horizontalebene; Berührungspunkte von $k$ und $\bar{k}$ können nur nach $O$ und $Q$ fallen.[1]) Somit liegen die Doppelpunkte von $k^*$, in welche $S_1$ und $S_2$ vermöge der Lambertschen Projektion übergehen, stets in $s_1^{\Sigma}$ und zentrisch-symmetrisch zu $O$ im Abstand $\sqrt{2}\,c = O S_{1_0}$ von $O$. Berühren sich $k$ und $\bar{k}$ in $O$, so berühren sich auch $k^*$ und $\bar{k}^*$ in diesem Punkte (Fig. 3). Für $c = -2$ ist $Q$ Berührungspunkt von $k$ und $\bar{k}$. Die Gleichung (5) geht für $c = -2$ über in

$$a^2 b^2 (x^2 + y^2 - 4)^2 + 4 (x^2 + y^2 - 4) (b\,x + a\,y)^2 = 0$$

oder in

$$(x^2 + y^2 - 4) \{b^2 (a^2 + 4) x^2 + a^2 (b^2 + 4) y^2 + 8\,a\,b\,x\,y - 4\,a^2 b^2\} = 0,$$

also in

$$x^2 + y^2 - 4 = 0 \tag{6}$$

und

$$b^2 (a^2 + 4) x^2 + a^2 (b^2 + 4) y^2 + 8\,a\,b\,x\,y - 4\,a^2 b^2 = 0. \tag{7}$$

Somit zerfällt die Kurve 4. Ordnung für $c = -2$ in den Kreis (6), das Bild des Punktes Q (Umriss des Bildes der ganzen Kugel) und die Ellipse (7). Offenbar ist die grosse Achse der Ellipse der

[1]) In Fig. 2 ist das Gebilde auf eine Normalebene von $g$ orthogonal projiziert. Für diese Tafel sind $E$, $\bar{E}$, $\Sigma$ projizierende Ebenen. Die Bilder von $k$ und $\bar{k}$ und von dem in $\Sigma$ liegenden Grosskreise $l$ sind die Strecken $k^{IV}$, $\bar{k}^{IV}$ und $l^{IV}$.

Der Punkt $P^*$ ist nach folgendem Verfahren konstruiert worden: Wir legen den durch $P$ gehenden Horizontalkreis $h$ in die vierte Tafel um. Die Umlegung von $P$ ist $[P]$ und die vierte Kote von $P$ ist $P^{IV}[P]$. $P^*$ liegt auf dem zu $P[P]$ parallelen Halbstrahl durch $O$ und zwar ist $OP^* = OP = OP_0$. Ausführlicher werde ich die Konstruktion des Lambertschen Netzes nach dieser einfachen darstellend-geometrischen Methode in einem der nächsten Hefte des „Enseignement mathématique" behandeln.

in $s_1^x$ liegende Durchmesser des Kreises (6). Wir sprechen dieses Resultat in dem folgenden Satze aus:

*II. Das Lambertsche Bild eines durch den Punkt Q gehenden Kugelkreises besteht aus dem Kreise um O mit dem Radius 2 und der einen Hälfte einer Ellipse, deren grosse Achse der zur Horizontalspur der Ebene des Kugelkreises parallele Durchmesser des Bildkreises ist.*

*C.* Nun wollen wir die Gestaltänderung von $k^*$ untersuchen unter der Voraussetzung, dass $a$ und $b$ konstant, $c$ dagegen variabel ist, also unter der Annahme, dass $E$ und $\bar{E}$ um ihre Horizontalspuren gedreht werden.

Für $c = o$ reduzieren sich $k$ und $\bar{k}$ und somit auch $k^*$ auf den Anfangspunkt $O$. Liegt $c$ zwischen 0 und $(-2)$, so schneiden sich $k$ und $\bar{k}$ in zwei Punkten $S_1$ und $S_2$ und es besitzt $k^*$ zwei reelle Doppelpunkte. Lassen wir $c$ von 0 bis $(-2)$ abnehmen, so bewegen sich $S_1$ und $S_2$ von $O$ aus auf dem in $\Sigma$ liegenden Grosskreis $l$ der Kugel abwärts und zwar so, dass die $z$-Achse stets Symmetrieachse von $S_1$ $S_2$ ist. Die Doppelpunkte $S_1^*$ und $S_2^*$ entfernen sich auf $s_1^x$ $(l^*)$ von $O$ aus in entgegengesetztem Sinne, jetzt so, dass $S_1^* S_2^*$ immer durch $O$ halbiert wird und dass der Radius Vektor jedes der Doppelpunkte gleich ist der Kugelsehne $OS_1$ oder $OS_2$, also gleich $\sqrt{2-c}$. Während aber für $c = -2$ die Punkte $S_1$ und $S_2$ mit $Q$ zusammenfallen, besitzen $S_1^*$ und $S_2^*$ für $c = -2$ die im Lambertschen Bilde der Kugel grösstmögliche Entfernung: sie sind die Endpunkte eines Durchmessers des Umrisskreises (6). In diesem ungleichen Verhalten von Original und Bild kommt die Eigenschaft der Lambertschen Projektion, im Punkte $Q$ nicht ein-, sondern $\infty$-vieldeutig zu sein — dem Punkte $Q$ entspricht der Kreis $Q^*$ —, zum Ausdruck.

Für Werte von $c$, die $< -2$ oder $> 0$ sind, haben $k$ und $\bar{k}$, wenn die Kugel von $E$ und $\bar{E}$ überhaupt geschnitten wird, keine gemeinsamen, $k^*$ also keine Doppelpunkte. Der Übergang von der Gestalt I der Kurve $k^*$ in die Gestalt II (Fig. 2) vollzieht sich für $c = -2$.

Berühren endlich $E$ und $\bar{E}$ die Kugel in den Punkten $J$ und $\bar{J}$, so besteht $k^*$ aus den beiden Punkten $J^*$ und $\bar{J}^*$, in welche die beiden Ovale sich schliesslich zusammenziehen. Die Punkte $J^*$ und $\bar{J}^*$ liegen auf der zu $s_1^x$ normalen Geraden durch $O$ und haben von diesem Punkte den Abstand

$$\frac{2ab}{\sqrt{a^2b^2 + a^2 + b^2}}.$$

Aus dieser Betrachtung gewinnen wir den Satz:

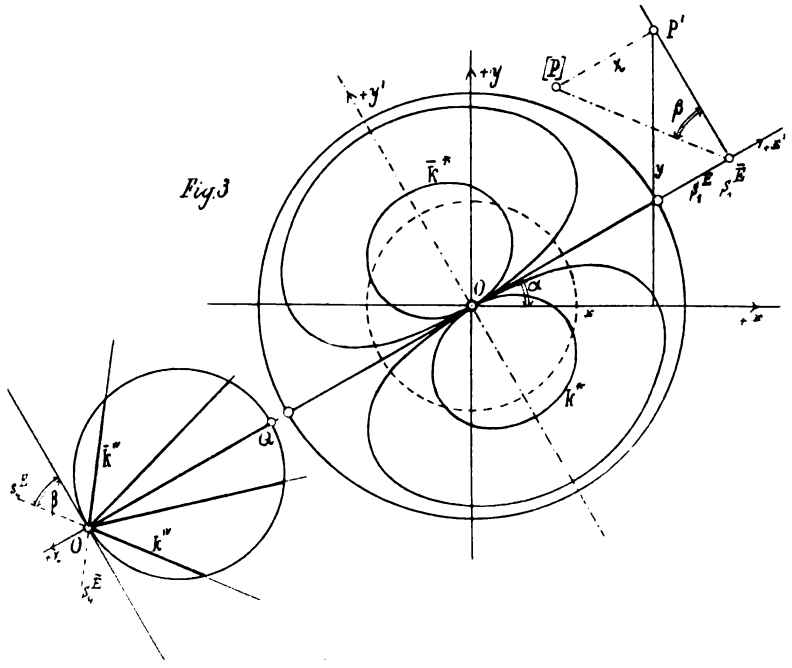
*III. Sind in Gleichung (5) a und b konstant, c dagegen veränderlich, so liegen die Doppelpunkte aller durch (5) definierten Kurven vierter Ordnung auf einer Geraden durch den Anfangspunkt.*

*D.* Wegen des zweiten Teils der Definition der Lambertschen Projektion ist der Radius Vektor des Doppelpunktes $S_1^*$ (oder $S_2^*$) gleich der Kugelsehne $OS_1$ (oder $OS_2$), also gleich $\sqrt{2c}$, d. h. von $a$ und $b$ unabhängig. Schneiden wir also die Kugel durch die Ebenen des Ebenenbündels mit dem Scheitel $C(0, 0, c)$ und konstruieren wir zu den Schnittkreisen die Lambertschen Bilder, so liefert jedes Ebenenpaar $\pm a, \pm b, c$ eine Kurve 4. Ordnung (wenn die Kugel geschnitten wird). Während die Anomalie der Doppelpunkte von $a$ und $b$ abhängig ist, besitzt der Radius Vektor aller Doppelpunkte den von $a$ und $b$ unabhängigen und somit konstanten Wert $\sqrt{2c}$, d. h.

*IV. Sind in Gleichung (5) a und b variabel, c dagegen konstant, so liegen die Doppelpunkte der unendlich vielen durch (5) definierten Kurven 4. Ordnung auf dem Kreise um O mit dem Radius* $\sqrt{2c}$.

*Der Ort der Doppelpunkte ist also eine Gerade durch O oder ein Kreis um O, je nachdem a und b konstant und c veränderlich oder a und b veränderlich und c konstant ist.*

*Fig. 3*




*E.* Für $a = b = c = 0$ gehen $E$ und $\bar{E}$ durch $O$. In diesem Falle bestimmen wir die Ebene $E$ durch ihren Neigungswinkel $\beta$ gegen die Horizontalebene und den Neigungswinkel $\alpha$ ihrer Horizontalspur gegen die $x$-Achse (Fig. 3). Die Gleichung der auf diese Weise bestimmten Ebene ist

$$x \sin \alpha - y \cos \alpha + z \operatorname{ctg} \beta = 0 \tag{8}$$

und die Gleichung des Bildes ihres Schnittkreises mit der Kugel

(9) $(x^2+y^2)^2 \operatorname{ctg}^2\beta + (x\sin\alpha - y\cos\alpha)^2 (x^2+y^2-4) = 0.$

Die Kurve (9) ist auch das Bild des Kreises, der von der Ebene $\bar{E}$, die zu $E$ bezüglich der Ebene $y = x\operatorname{tg}\alpha$ symmetrisch liegt, aus der Kugel herausgeschnitten wird. Aus der Figur 3 kann leicht ersehen werden, wie $k^*$ sich ändert, wenn $\alpha$ konstant, aber $\beta$ veränderlich ist. $k^*$ besteht im allgemeinen aus zwei zur Geraden $y = x\operatorname{tg}\alpha$ symmetrischen Ovalen, die sich in $O$ berühren. Für $\beta = 0$ geht $k^*$ in den Punkt $O$, für $\beta = 90^0$ in den Kreis $x^2+y^2-4=0$ (Bild von $Q$) und den Durchmesser $y = x\operatorname{tg}\alpha$ (Bild eines Grosskreises durch $O$) über.

*F.* Für $k^*$ sind die Gerade $s_1^E$ und die dazu normale Gerade $J^*\bar{J}^*$ Symmetrieachsen (s. Fig. 2). Um die Gleichung (5) auf diese Achsen zu transformieren, wählen wir den durch den ersten (oder zweiten) Quadranten gehenden Halbstrahl von $s_1^E$ zur positiven x′-Achse. Für den Drehungswinkel $\alpha$ haben wir, da $s_1^E \parallel s_1^E$ ist, $\operatorname{tg}\alpha = -\frac{b}{a}$, somit

$$\cos\alpha = \frac{a}{\sqrt{a^2+b^2}}, \quad \sin\alpha = \frac{-b}{\sqrt{a^2+b^2}}.$$

Für den Übergang vom System $(x, y)$ zum System $(x', y')$ gelten die Transformationsgleichungen

$$x = \frac{a x' + b y'}{\sqrt{a^2+b^2}}, \quad y = \frac{-b x' + a y'}{\sqrt{a^2+b^2}}. \tag{10}$$

Setzt man (10) in (5) ein, so erhält man nach leichter Rechnung die auf die Symmetrieachsen von $k^*$ bezogene Gleichung von $k^*$:

(11) $a^2b^2(x'^2+y'^2+2c)^2 + c^2(a^2+b^2)y'^2(x'^2+y'^2-4) = 0.$

Für $c = -2$ geht (11) über in

$$(x'^2+y'^2-4)\left[a^2b^2x'^2 + \{a^2b^2+4(a^2+b^2)\}y'^2 - 4a^2b^2\right] = 0,$$

oder

$$x'^2+y'^2-4=0 \tag{12}$$

und

$$a^2b^2x'^2 + \{a^2b^2+4(a^2+b^2)\}y'^2 - 4a^2b^2 = 0 \tag{13}$$

oder

$$\frac{x'^2}{4} + \frac{y'^2}{\left\{\frac{2ab}{\sqrt{a^2b^2+4(a^2+b^2)}}\right\}^2} - 1 = 0. \tag{13′}$$

(12) ist die Gleichung des Umrisskreises, (13) die Gleichung der auf ihre Achsen bezogenen Ellipse. Bezeichnen $p$ und $q$ die Längen der beiden Halbachsen, so hat man $p = 2$ und

$$q = \frac{2ab}{\sqrt{a^2b^2+4(a^2+b^2)}}.$$

Transformiert man endlich Gleichung (9) auf die Symmetrieachsen mittelst der Gleichungen (s. Fig. 3)

$$x = x' \cos\alpha - y' \sin\alpha,$$
$$y = x' \sin\alpha + y' \cos\alpha,$$

so lautet die Gleichung (9) im System $(x', y')$

$$(14) \qquad (x'^2 + y'^2)^2 \operatorname{ctg}^2\beta + (x'^2 + y'^2 - 4)\, y'^2 = 0.$$

## § 3.

*A.* Aus dem Satze I des letzten Abschnittes folgt, dass auch den Parallelkreisen und Meridianen in der Karte Kurven vierter Ordnung entsprechen.[1])

Unbeschadet der Allgemeinheit können wir als Nullmeridian den in der $(yz)$-Ebene liegenden Grosskreis der Kugel wählen. Der Kartenmittelpunkt $O$ ist sodann durch seine geographische Breite $\varphi_0$ bestimmt. In Figur 4 ist $NS$ die Erdachse und die dazu normale Gerade durch $O$ die Seitenspur der Äquatorebene. Die Ebenen der Parallelkreise sind normal zu $NS$ und die Ebenen der Meridiane bilden ein Ebenenbüschel mit $NS$ als Achse. Wir projizieren das Gebilde auf die $(yz)$-Ebene (oder eine dazu parallele Ebene). Die Bilder der Parallelkreise sind parallele Sehnen, die Bilder der Meridiane Ellipsen mit $NS$ als grosser Achse.

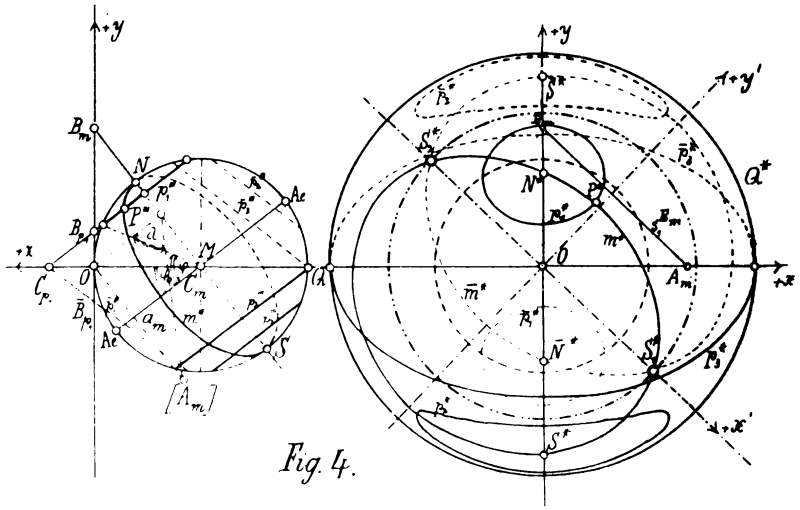


Fig. 4.

Um die Gleichung des Bildes des Parallelkreises $p$ $(\varphi)$ und des Meridians $m$ $(\lambda)$ zu finden, berechnen wir für die Parallelkreis- und Meridianebenen die Achsenabschnitte.

[1]) Siehe z. B. Schweiz. Schulatlas. Vgl. ferner: Zöppritz-Bludau, Kartenentwurfslehre, Leipzig 1899, Seite 42–45.

I. Parallelkreisbild. Man erhält aus Fig. 4 leicht

$$(15)\quad a=\infty, b=OB_{p_1}=\frac{\sin\varphi-\sin\varphi_0}{\cos\varphi_0},\ c=OC_{p_1}=\frac{\sin\varphi-\sin\varphi_0}{\sin\varphi_0}.$$

Da die Horizontalspur der Parallelkreisebene parallel zur $x$-Achse ist, fallen die Koordinatensysteme $(x, y)$ und $(x', y')$ zusammen und die Gleichung von $p^*$ kann aus (5) oder (11) gewonnen werden. Setzt man die Werte (15) in (5) oder (11) ein, so nimmt die linke Seite jeder Gleichung die unbestimmte Form $\infty-\infty$ an. Dividieren wir beide Seiten der Gleichung (5) oder (11) durch $a^2$ und gehen dann mit den Werten (15) in die umgeformte Gleichung ein, so ergibt sich als Gleichung des Parallelkreisbildes

$$(16)\quad \{(x^2+y^2)\sin\varphi_0+2(\sin\varphi-\sin\varphi_0)\}^2+y^2(x^2+y^2-4)\cos^2\varphi_0=0.$$

Aus Fig. 4 und § 2 folgt, dass die Kurve (16) 2 reelle und getrennt liegende Doppelpunkte besitzt, wenn $|\varphi|<\varphi_0$, dass die Doppelpunkte für $\varphi=\varphi_0$ im Punkte $O$ sich vereinigen, dass sie imaginär werden, für $|\varphi|>\varphi_0$ und dass für $\varphi=-\varphi_0$ die Kurve (16) in den Kreis $x^2+y^2=4$ und die Ellipse $x^2\sin^2\varphi_0+y^2=4\sin^2\varphi_0$ zerfällt. Von den beiden Ovalen, aus welchen (16) besteht, hat nur das eine eine sachliche Bedeutung; das andere stellt den Kugelkreis $\bar{p}$ dar, der, entsprechend früheren Erläuterungen, zu $p$ symmetrisch liegt. — Die Parallelkreisbilder haben die Form $p_1^*$ oder $p_2^*$, je nachdem der Parallelkreis nördlich oder südlich von dem durch den Gegenpunkt des Kartenmittelpunktes gehenden Parallelkreis liegt; die Übergangsform von $p_1^*$ zu $p_2^*$ ist die Kurve $p_3^*$, die aus einer Halbellipse und einem Halbkreise besteht (siehe Satz II). Zählen wir $p_3^*$ zu den $p_1^*$, so besteht $p_3^*$ aus der halben Ellipse und dem obern (im 1. und 2. Quadranten liegenden) Halbkreis; fassen wir dagegen $p_3^*$ als zu den $p_2^*$ gehörend auf, so setzt sich $p_3^*$ aus der halben Ellipse und dem untern Halbkreis zusammen.

II. Meridianbild. Für die Achsenabschnitte der Ebene des Meridians $m$ $(\lambda)$ ergeben sich aus Fig. 4 die Werte

$$(17)\quad a=OA_m=\cos\varphi_0\,\mathrm{tg}\,\lambda,\ b=OB_m=\mathrm{ctg}\,\varphi_0,\ c=OC_m=1.$$

Führen wir diese Werte in (5) ein, d. h. beziehen wir das Meridianbild auf das Koordinatensystem, dessen Achsen die Ost-West-Linie und die Mittagslinie sind, so lautet die Gleichung des Meridianbildes

$$(18)\quad (x^2+y^2-2)^2\cos^2\varphi_0+(x^2+y^2-4)(x\,\mathrm{ctg}\,\lambda+y\sin\varphi_0)^2=0.$$

Da der Abschnitt $c=-1$ immer zwischen 0 und $(-2)$ liegt, so hat $m^*$ stets zwei reelle Doppelpunkte und da die Verbindungslinie $x'$ der Doppelpunkte nach § 2 parallel zur Horizontalspur der

Schnittebene ist, liegen die Doppelpunkte von (18) auf der Geraden durch $O$ mit dem Richtungskoeffizienten

$$-\frac{b}{a} = -\operatorname{ctg}\varphi_0 : \cos\varphi_0 \operatorname{tg}\lambda = -\operatorname{ctg}\lambda : \sin\varphi_0 .$$

also auf der Geraden $x\operatorname{ctg}\lambda + y\sin\varphi_0 = 0$. Der Radius Vektor jedes Doppelpunktes ist $\sqrt{2}$. Die Schnittpunkte der beiden Kreise $m$ und $\overline{m}$, die der Kurve (18) entsprechen, sind bei variablem $\lambda$ (und $\varphi_0$) die Endpunkte eines Durchmessers des horizontalen Grosskreises der Kugel. Wir sprechen das Resultat in einem Satze aus, der ein Spezialfall des Satzes IV von § 2 ist:

*V. Bedeuten $\varphi_0$ und $\lambda$ in Gleichung (18) Parameter, so besitzt die einem beliebigen Wertepaar $(\varphi_0, \lambda)$ entsprechende Kurve vierter Ordnung zwei reelle Doppelpunkte; der Ort dieser Doppelpunkte ist der Kreis um $O$ mit dem Radius $\sqrt{2}$, also das Lambertsche Bild des horizontalen Grosskreises.*

Die Verbindungsgerade der Doppelpunkte irgend einer der Kurven (18) und die dazu normale Gerade durch $O$ sind Achsen normaler Symmetrie der Kurve. Beziehen wir $m^*$ auf ihre Symmetrieachsen als Koordinatenachsen, so erhalten wir die neue Gleichung von $m^*$, indem wir die Werte (17) in (11) substituieren. Die auf die Symmetrieachsen bezogene Gleichung von $m^*$ ist somit:

$$(19)\quad (x'^2 + y'^2 - 2)^2 \cos^2\varphi_0 + (\sin^2\varphi_0 + \operatorname{ctg}^2\lambda)\, y'^2 . (x'^2 + y'^2 - 4) = 0.$$

*B.* Für den transversalen und den normalen Entwurf vereinfachen sich die Gleichungen der Parallelkreis- und Meridianbilder bedeutend.

I. Transversaler Entwurf, $\varphi_0 = 0$, der Kartenmittelpunkt ist ein Punkt des Äquators. Die Gleichungen des Parallelkreis- und des Meridianbildes lauten

$$(20)\quad (x^2 + y^2 - 4)\, y^2 + 4\sin^2\varphi = 0$$

und

$$(21)\quad (x^2 + y^2 - 4)(x^2 + y^2\sin^2\lambda) + 4\sin^2\lambda = 0.$$

Für $\lambda = 90^0$ geht (21) über in $(x^2 + y^2 - 2)^2 = 0$, d. h. im transversalen Entwurf bildet sich der Meridian $\lambda = 90^0$ als Kreis um $O$ mit dem Radius $\sqrt{2}$ ab, was auch direkt aus der Definition der Lambertschen Projektion geschlossen werden kann, da dieser Kugelkreis ein Horizontalkreis ist. Wird nur, wie dies in den Atlanten gewöhnlich geschieht[1]), die Halbkugel mit dem sphärischen

[1]) Siehe z. B. Schweiz. Schulatlas, Bl. 118 u. 119, Australien und Polynesien. Vgl. auch die Netze in Germain, Projections des cartes géographiques, Paris.

Mittelpunkt $O$ abgebildet, so ist der genannte Kreis Umriss der Karte; das Bild der andern Halbkugel ist der von diesem Kreise und dem Kreise $Q^*$ begrenzte Kreisring.

II. Normaler Entwurf, $\varphi_0 = 90^0$, der Kartenmittelpunkt ist der Nordpol. In diesem Falle sind die Parallelkreise Horizontalkreise und die Meridiane Hauptkreise durch $O$, erstere gehen, wie in § 1 aus der Definition der Lambertschen Projektion geschlossen wurde, in Kreise um $O$, letztere in Strahlen durch $O$ über. In der Tat, setzen wir in den Gleichungen (16) und (18) $\varphi_0 = 90^0$, so ergeben sich als Parallelkreisbilder die Kreise

$$x^2 + y^2 = 2(1 - \sin\varphi) \tag{22}$$

und als Meridianbilder die Strahlen

$$y = -x \operatorname{ctg} \lambda. \tag{23}$$

## § 4.

Stehen auch die bei Lamberts flächentreuer Azimutalprojektion auftretenden Kurven vierter Ordnung mit keiner besondern Klasse von Kurven vierter Ordnung in einer Beziehung, so besitzen sie doch eine Reihe interessanter Eigenschaften. Wir begnügen uns damit, kurz darauf hinzuweisen, dass unsere Kurven hübsche Beispiele für die Quadratur ebener Kurven liefern.

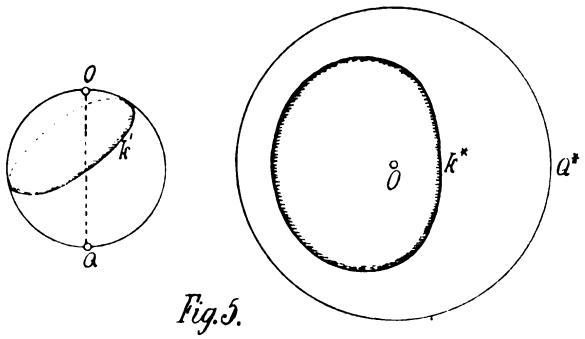



*Fig. 5.*

Jede der Kurven (5), (9), (11), (14), (16), (18), (19), (20), (21) besteht aus zwei kongruenten Ovalen, den Bildern zweier, zu einer gewissen Ebene durch die $z$-Achse symmetrischer Kugelkreise. Das Oval $k^*$ sei das Bild des Kreises $k$ (Fig. 5). Der ganzen Kugelfläche entspricht der Kreis $Q^*$; Kugelfläche und Kreis besitzen den Flächeninhalt $4\pi$. Die Kugelfläche wird durch den Kreis $k$, der Kreis $Q^*$ durch das Oval $k^*$ in zwei Teile zerlegt, die paarweise flächengleich sind; die Kugelkalotte, die $Q$ nicht enthält, entspricht dem Innern des Ovals, die andere Kalotte dem von dem Oval $k^*$ und dem Kreise $Q^*$ begrenzten Flächenstück. Wie jeder Grosskreis, z. B. jeder

Meridian, die Kugel halbiert, so halbiert auch sein Bild, z. B. jedes Oval von (18), (19), (21), den Kreis $Q^*$. Versucht man diese und andere Eigenschaften, die eine direkte Folge der Flächentreue der Lambertschen Projektion sind, auf dem Wege der Rechnung herzuleiten, so ergeben sich eine Reihe interessanter Übungsbeispiele der Integralrechnung. Wir verweisen in diesem Punkte auf einen demnächst im „Enseignement mathématique“ erscheinenden Aufsatz.

# Das Alter des schweizerischen diluvialen Lösses.

Von

H. Brockmann-Jerosch.

Unter den Ablagerungen, welche einen Klimawechsel im Diluvium anzeigen sollen, gilt der Löss als einer der wichtigsten Zeugen für ein ehemals trocken-warmes Klima. Besonders den **echten Löss,** also den Löss, der auf den Schotterterrassen der Risseiszeit liegt, und dessen Bildung in die Riss-Würm-Interglacialzeit verlegt wird, legt man seit den Untersuchungen von Nehring in diesem Sinne aus.

Nun gibt es eine Reihe von Gründen, die dieser Deutung widersprechen. So zeigen die Fossilfunde der Interglacialzeiten kein trocken-warmes Klima an. Vorab verlangt die Flora der Höttinger Breccie bei Innsbruck ein typisch ozeanisches Klima und nicht, wie Wettstein [1]) seinerzeit annahm, ein warmes oder gar ein trocken-warmes. Die Elemente, welche auf ein warmes Klima hindeuten sollten, lassen sich heute mit aller Entschiedenheit als solche Arten bezeichnen, die ein sehr feuchtes Klima, welchem zudem grosse Extreme fehlen, verlangen. Es sind also nicht wärmeliebende Arten, sondern ozeanische. Zu diesem Schlusse sind zu gleicher Zeit und unabhängig von einander Handel-Mazzetti (1909) und der Verfasser (1909) gelangt. Da also die Interglacialflora ein trocken-warmes Klima ausschliesst, der Löss aber einem trocken-warmen Klima seine Entstehung verdanken soll, so wäre es ausgeschlossen, dass der echte Löss gleichaltrig wie Hötting sei; denn da der echte Löss beinahe bis an den Fuss der Alpen reicht, so ist es ausgeschlossen, dass zwei entgegengesetzte Klimate so nahe neben einander hätten existieren können. Allerdings wäre es ja denkbar, dass der Löss einer andern Zeit des Interglacials angehört als Hötting, so dass jenes ozeanische und kontinentale Klimaabschnitte enthielte. Dies ist aber kaum denkbar, folgt doch die Würmeiszeit so unvermittelt auf die vorletzte, dass die dazwischenliegende Erosion nur gering ist, so dass auch die dazwischenliegende Zeit nur kurz gewesen

[1]) Vergleiche auch Mühlberg 1907, S. 104/5.

sein kann. Aber auch die Pflanzenfunde widersprechen einer solchen Annahme sehr, denn es gibt keine einzige Fundstelle, die ein trockeneres Klima in der letzten Interglacialzeit verlangen oder auch nur gestatten würde. Wenn es also ausgeschlossen erscheint, dass der echte Löss ein trocken-wärmeres Klima anzeigt oder dass er interglacialen Alters ist, so ist die Revision der Frage nach der Zeit und dem Klima seiner Entstehung wohl berechtigt.

Dass der Löss ein äolisches Produkt darstellt, ist, nachdem nun auch Wahnschaffe [1]) sich zu dieser Ansicht bekennt, wohl eine unbestrittene Annahme. Allerdings gibt es auch sicherlich viele Lösse, die nicht primär gelagert sind, sondern verschwemmt wurden, so dass es sehr begreiflich ist, wenn Einzelne lange in den Lössen fluviatile Ablagerungen zu sehen glaubten.

Da die Lösse bekanntlich am häufigsten in trockenen Klimaten [2]) sind, liegt es nahe, deshalb aus ihrem Vorkommen jeweils auf Niederschlagsarmut während der Entstehung zu schliessen. Allein auch unter andern Verhältnissen kann Löss entstehen. Es bedarf ja zu seiner Bildung nur eines unbewachsenen Denudationsgebietes, eines trockenen Windes und einer mehr oder weniger bewachsenen Auffangsfläche. Es ist also im Grunde genommen der Löss unabhängig vom Klima. Und in der Tat gibt es auch heute noch Orte genug, wo in mittleren oder feuchten Klimaten noch Löss oder lössähnliche Bildungen entstehen können. So berichtet Albert Heim (1905, S. 38) aus Neuseeland: „Zur Zeit, als die grossen Gletscher, die bis an den Ausgang der Alpentäler vorgeschoben waren, wieder zurückwichen und deren zurückgelassene Grundmoränen [3]) vom Föhn austrockneten, verblies der Wind den feinen Staub weit über die Fläche bis ans Meer. Der Staubniederschlag häufte sich zu fruchtbarer Lösserde an. Bald bedeckte der Löss ganz wie in vielen Teilen von Deutschland den Boden bloss $^1/_2$ bis 1 m, bald 10 und 15 m.“ „Aber auch noch jetzt geht die Lössbildung weiter. Wir haben

[1]) Wahnschaffe 1909, S. 234.

[2]) Meist wird die Lössbildung als für das Steppenklima typisch betrachtet. Das ist aber nur cum grano salis richtig, denn nur in Steppen, die an Wüsten oder Halbwüsten grenzen, kann sich Löss ablagern. Der Entstehungsort des lössbildenden Staubes ist ja die Wüste oder Halbwüste. Dass wir aber jemals in der Diluvialzeit in Mitteleuropa Wüsten gehabt haben sollten, ist ganz undenkbar, wo doch selbst in dem heute uns nächstgelegenen Wüstengebiete, der Sahara, damals eine pluviatile Periode herrschte. Man stellt sich nun die diluvialen Steppen mit Waldinseln durchsetzt vor. Darin wären aber durch Trockenheit enstandene vegetationsfreie Gebiete und deshalb auch eine durch das Klima veranlasste Lössbildung undenkbar.

[3]) Genauer wäre Schotter, denn auch in Neuseeland entsteht heute der Staub nicht aus Moränen, wohl aber aus Schottern.

selbst gesehen, wie aus den breiten Kiesböden der Flüsse bei Föhnwind dichte Staubwolken aufwirbeln und über das Kulturland sich verbreiten".

Nun enthält der echte Löss, also der Löss der Rissschotter, tierische Fossilien, die sich in dieser kalkreichen Ablagerung relativ gut erhalten, während die Pflanzen naturgemäss keine Spuren hinterlassen haben. Von den Tieren interessieren uns hier die Schnecken am meisten, geben sie doch die Fauna zur Zeit der Ablagerung an Ort und Stelle direkt wieder. Mühlberg hat in überzeugender Weise dargetan, dass die Lössschnecken die Annahme eines wärmeren Klimas gar nicht zulassen, kommen doch von den 32 Arten, die im echten Löss in der Schweiz gefunden wurden, „heute noch 14 in diesen Gegenden häufig vor, andere dagegen sind selten und lieben höhere, kühlere Gegenden, so gerade *Succinea oblonga*, die häufigste Lössschnecke, die jetzt nur bei Petersburg in analoger Häufigkeit verbreitet ist; 3 Arten kommen jetzt nur noch in arktischen und alpinen Gebieten vor" (1907, S. 104). Demnach ist es unmöglich, dass das zur Lössbildung nötige Denudationsgebiet durch ein wärmeres Klima entstanden ist. Aus dem gleichen Grunde ist es aber auch unmöglich, dass Kälte oder Trockenheit diese Denudationsgebiete geschaffen haben. Da also klimatische Faktoren diese vegetationslosen oder vegetationsarmen Gebiete nicht geschaffen haben können, so ist es nur denkbar, dass mechanische Faktoren einzelne Gebiete vegetationsfrei gehalten haben: die vegetationsfeindlichen, diluvialen Flüsse.

Zu einer solchen Annahme führen nun eine Reihe von Tatsachen in zwingender Weise hin. Halten sich doch die Lösse immer an die Flusstäler. Wäre das Klima ein trockenes gewesen und wäre deshalb Flugstaub entstanden, so müssten in erster Linie die trockenen Hügel, nicht aber die feuchteren Talböden ausgeblasen worden sein. Dann hätte sich der Löss aber auch nicht an die Flusstäler gehalten, sondern sich in den feuchteren Gebirgen abgelagert, gerade so wie heute noch die Randgebirge der Sahara in den Löss eingehüllt werden, wo z. B. im Matmata-Gebirge in Tunis ganze Täler mit Löss eingeebnet werden, weil hier die feuchtere Luft den Löss zum Fallen zwingt und die Staubwinde der Wüste reinigt. Gerade diese Tatsache, dass die Lösse den Flussläufen folgen, war es u. a. ja, die einzelne, durchaus ernst zu nehmende Glacialgeologen so lange davon abhielt, im Löss eine äolische Ablagerung zu sehen.

Die Lösse enthalten Gesteinstrümmer, die nicht aus den Gesteinen der Umgebung stammen können, so z. B. Glimmerblättchen. Die Grundmasse, aus der die Lösse gebildet wurde, muss also aus den

Alpen herrühren; Gletscher oder Flüsse oder beide zusammen müssen das Produkt von dorther gebracht haben.

Die Lösse enthalten, wie gesagt, nicht nur Glimmerblättchen, sondern überhaupt viele mechanisch zerkleinerte, aber nicht chemisch verwitterte Gesteinstrümmer. Da nun, wie wir gezeigt haben, weder Wärme, noch Kälte, noch Trockenheit die vegetationsfreien Ausblasgebiete geschaffen haben kann, so wäre eine solche äolische Ablagerung von chemisch unverwitterten Gesteinstrümmern nur dann denkbar, wenn ein Fluss solche fortwährend herbeischafft und auf grosser Fläche ablagert, damit sie in trockenen Zeiten vom Winde aufgewirbelt werden können. Solche Ablagerungsgebiete stellen wirklich nun die Schotterfelder dar.

Allerdings ist öfters die Ansicht vertreten worden, auch Mühlberg pflichtet ihr bei, dass der Löss die Ablagerung einer äolischen Deflation von Verwitterungsboden sei. Dem entspricht aber der chemisch unverwitterte Zustand der Lössteilchen nicht. Auch ist es nicht denkbar, dass aus dem frischen, unbewachsenen Moränenboden der Wind den Löss ausgeblasen habe, ist doch der Löss im Diluvium viel weiter verbreitet als die Moränen. Auch ist gerade der Moränenboden in feuchtem wie in trockenem Zustande so zähe, dass es nicht denkbar ist, dass aus ihm der Wind Staub wegnehmen könnte. Gerade unsere schönsten Erdpyramiden zeigen in schöner Weise, wie wenig der Wind dem trockenen Moränenlehm anzuhaben vermag (Erdpyramiden von Bonaduz, im Wallis usw.). Die Ablagerungen unserer Flüsse dagegen werden leicht vom Wind ausgeblasen, weil hier der zähe Ton mehr oder minder ausgewaschen ist. Auch weisen die oben erwähnten Schneckenfunde mit Sicherheit darauf hin, dass die Klimaverhältnisse eine Besiedlung des Moränenbodens zuliessen. Also muss diese Besiedlung auch vorhanden gewesen und dadurch die Ausblasung verhindert worden sein. Auf den Schottern der Flüsse dagegen ist heute noch die Staubbildung häufig, wie dies Früh (1899) dargetan hat.

Wenn heute die Lössbildung unterbleibt oder doch sehr selten und dabei nicht einmal typisch ist, so ist das kein Einwurf gegen das eben Gesagte. Die eiszeitlichen Schotter hatten eine ganz andere Ausdehnung als die heutigen. Damals füllten die Flüsse die Täler in ihrer ganzen Breite aus. Wie gross die diluvialen Schotterebenen waren, darüber geben uns z. B. die bayrischen Niederterrassenfelder Auskunft: Lechfeld, Isarauen und Garchinger Heide wurden in dieser Zeit gebildet. Heute haben die Flüsse durch die seitlichen Schuttkegel ihren Lauf vorgezeichnet oder sie gruben sich wieder in die Schotter ein und engten dadurch sich seitlich selbst ein.

Die echten Lösse liegen an den Talhängen oder aber auf den Schottern der Risseiszeit selbst. Im letztern Falle sind die darunter liegenden Schotter unverwittert, woraus hervorgeht, dass die Lössbildung mit der Schotteraufhäufung zusammen in die gleiche geologische Periode fällt. Nun entsprechen aber die Schotter jeweils einem Gletschervorstoss, sie sind also glacial und nicht interglacial und demnach wäre auch der echte Löss nicht eine Bildung des Interglacials, sondern der Zeit der grössern Ausdehnung der Gletscher selbst.

Diese Deutung, so sehr sie auch anfänglich voller Widersprüche zu sein scheint, stützt das oben Gesagte in mannigfacher Weise. Während der grossen Ausdehnung der Gletscher brachten die Schmelzwasser grosse Mengen feiner, zermalener, aber chemisch unverwitterter Gesteinstrümmer. Bei warmem Regen gar überströmten die Gletscherbäche die Schotterfelder in grösstem Masstabe, da die Gletschergebiete kein Regenwasser absorbierten, sondern gleich alle Niederschläge, vergrössert durch das abgeschmolzene Eis den Flüssen abgaben. Daher die grossen Schotterfelder und ihre Vegetationsarmut. Auf ihnen lagerten die Schmelzwasser bei jedem Schwanken des Wasserstandes die Gletschertrübe ab, und so enstand häufige Gelegenheit zur Staubbildung. Übrigens sind, wie gesagt, noch heute durch gleiche Ursachen hervorgerufene Staubbildungen durch Früh (1899) beschrieben worden. Sie würden aber nur noch da einen Löss bilden können, wo die Winde durch lokale Verhältnisse, durch Föhnwirkung oder Talwind verschärft werden und wo grössere Schotterflächen vorhanden sind. Während der Eiszeit waren aber die Schotterfelder grösser und die Windverhältnisse für die Lössbildung günstiger: kaltes Tal und warme Ebene waren sich nahe gerückt und daher mussten föhnartige Winde entstehen.

Nun gibt es aber zwei Erscheinungen, welche dieser Annahme, dass der Löss während einer Eiszeit i. e. S., also während eines feuchten Klimas [1]) entstanden sei, scheinbar widersprechen. Das ist erstens die löcherige Struktur des Lösses. Diese soll daher rühren, dass feine Bestandteile der Vegetation eingebettet wurden, nach ihrem Verwesen aber Röhrchen bildeten. Nach dem einen Autor bildeten sich diese Röhrchen um die Halme einer dürftigen Vegetationsdecke herum, nach andern aber stellen sie die Wurzeln der Gräser dar, die damals dominiert haben sollen. Da nun zu gleicher Zeit grössere Hohlräume fehlen, die Sträucher und Bäume anzeigen würden und da man annimmt, dass solche Hohlräume sich hätten erhalten müssen,

[1]) Vergleiche Brockmann-Jerosch 1909.

so sieht man in der löcherigen Struktur des Lösses oft den Beweis dafür, dass eine Grasvegetation zur Zeit seiner Bildung geherrscht habe, was bei dem gleichzeitigen Fehlen einer Baumvegetation für eine Steppe, also auch für ein Steppenklima, das ist ein trocken-warmes Klima, sprechen würde. Nun ist aber die Form der Kanäle im echten Löss niemals derart, das sie Grashalmen entsprechen würde. Niemals findet man gerade Stücke, auch keine solchen, die die Knickung eines Halmes an dessen Knoten abbilden würden. Auch herrscht die wagerechte Lage bei diesen Höhlungen nicht vor, wie es sein müsste, wenn die abgestorbenen oder niedergedrückten Halme oder Blätter während der Ablagerung des Lösses eingebettet worden wären.

Auch jene Ansicht, die in der Röhrchenstruktur die Hohlräume früherer Wurzeln sieht, ist unhaltbar, weil die Form der Röhrchen auch in keiner Weise den büscheligen Verlauf von Graswurzeln oder auch nur einer einzelnen Wurzel zeigt. Überhaupt ist es ganz ausgeschlossen, dass die Röhrchenstruktur unseres Hochterrassenlösses ans den Hohlräumen ehemaliger Reste der Vegetation abzuleiten ist. ihre Form steht einer solchen Annahme entgegen.

Ein zweiter Einwand gegen die Auffassung, dass der echte Löss den Rissschottern gleichaltrig sei, liegt darin, dass Wechsellagerungen von Schottern und Lössen fehlen, soweit ich es wenigstens übersehen kann. Wären sie gleichaltrig, so wird man einwenden, so müsste die Wechsellagerung häufig auftreten. Dem muss gegenübergestellt werden, dass in den Schottern eben überhaupt ähnliche Ablagerungen, wie Tone oder feinere Sande, sehr selten sind. Wären sie häufiger, so wären wir über Vegetation, Fauna und damit über das Klima der Eiszeiten schon weit besser unterrichtet. Das Fehlen derartiger Ablagerungen rührt davon her, dass ein Fluss, da wo er Schotter führt, diese überhaupt selten auf Ton, oder ähnlichen Bildungen ablagert, weil damit Hand in Hand gehend auch der Boden aufgewühlt und fortgetragen wird. Da, wo der Schotter bei hohem Wasserstand sich vorwärts bewegt, gibt es sofort eine Sortierung nach dem spezifischen Gewichte der in Bewegung gesetzten Bodenmasse. Die mit Wasser durchtränkten feinern Bodenteile gehen nach oben, die schwereren nach unten. Nur auf diese Weise erklärt sich das Einsinken von schweren Brückenpfeilern bei Hochwasser, das Sichsetzen der Steinfaschinen bei Flusskorrektionen, das Verschwinden grosser Steinblöcke und dergl. im Schotterstrom bei Hochwasser. In der gleichen Weise muss der Löss bei Überschwemmungen weichen, sobald ein Schotterstrom sich am Grunde des Wassers vorwärts bewegt und deshalb können wir ebenso wenig Lösseinlagerungen, wie

auch Toneinlagerungen im Schotter erwarten. Aus dem gleichen Grunde ist letzterer so fossilarm. In dem Fehlen von Wechsellagerungen von Löss und Schottern kann ich deshalb keinen Grund gegen das glaciale Alter des Lösses sehen.

Ausser dem sogenannten echten Löss haben wir in der Schweiz noch eine Reihe von **jüngern postglacialen Lössen,** über die wir besonders durch die Arbeiten von Früh (1899, 1899/1900, 1903) unterrichtet sind.

Noch klarer als beim echten Löss lässt sich hier die Altersfrage verfolgen. Sie liegen alle innerhalb der Endmoränen der letzten Eiszeit, sie sind also jünger als die maximale Ausdehnung derselben.

In ihrer Struktur und Mächtigkeit entsprechen diese Lösse den echten Lössen der Risseiszeit nicht ganz. Sie sind weniger mächtig und meist bedeutend grobkörniger. Aber es kann wohl keinem Zweifel unterliegen, dass auch diese Lösse der postglacialen Ablagerungen äolischen Ursprunges sind, so dass auch sie unter unsere Betrachtung fallen. Diese postglacialen Lösse sind wie die der Risseiszeit auf der unverwitterten Moräne oder unverwitterten Schottern oder Gletscherschliffen aufgelagert, so dass damit gezeigt ist, dass die Lössbildung unmittelbar auf die Vergletscherung folgte.

Im Gebiete des Rheingletschers lässt sich die Altersfrage des Lösses am besten verfolgen. Hier reichte der Gletscher bei seiner grössten Ausdehnung während der letzten Eiszeit bis gegen Eglisau, Jestetten usw. Hier verweilte er längere Zeit und seine Schmelzwasser bildeten die Niederterrassenschotter. Auf diesen ist bis jetzt noch kein autochthoner Löss nachgewiesen. Von diesem Jungmoränenkranz zog sich der Gletscher etappenweise zurück. Den ersten scharf ausgesprochenen Halt machte er hinter den „Innern" Moränen [1]), also hinter den Moränenwällen von Zürich, Schwerzenbach, Andelfingen, Diessenhofen usw. Ob er vor diesem zweiten Halt noch weiter gegen die Alpen zurückgewichen war und ob demnach der Stand hinter den Innern Moränen nicht nur einem Stillstand, sondern einem Vorstoss gleichkommt, ist unsicher. Eine Laufenschwankung ist demnach nicht nachgewiesen. Hinter den Innern Moränen verweilte der Gletscher ebenso lang, wie hinter den äussern Moränen, denn die hier entspringenden Schotter sind ebenso deutlich ausgebildet, wie die Niederterrasse selbst (Hug 1909). Auf den erstern liegt nun der erste postglaciale Löss, so auf dem Mühleberg bei Andelfingen (Früh 1903) und im Hard zwischen Andelfingen und Marthalen an

[1]) Vergl. für diese Rückzugsstadien Hug 1907.

mehreren Stellen zum Teil in grösserer Mächtigkeit (aufgefunden von Hug, mündl. Mitt.).

Nach dem Rückzug von dieser Stellung des Innern Moränengürtels aus geht die Vergletscherung unaufhaltsam, ohne ausgeprägte Stillstände und relativ rasch zurück. Denn, obwohl es noch Pausen gibt, wo die Gletscher etwas stille stehen, kommt es doch nicht zur Aufwerfung von Moränenwällen, an denen Schotter entspringen. Täler, die der Gletscher vor Auffüllung bewahrt hatte, werden auch bei diesem Rückzug nicht mehr mit Schottern eingedeckt und es bleiben deshalb die Randseen der Alpen ausgespart. Immerhin lässt sich einigermassen beim Rhein- und beim Linthgletscher ein Stillstand bei Bregenz resp. Rapperswil-Hurden feststellen, der mit dem Bühlstadium der Tiroleralpen verglichen wird.

Auf den Schottern dieses Rückzuges bis in die Moränen gibt es nun wiederum Lösse, allerdings in geringer Ausdehnung. So hat Früh es als wahrscheinlich hingestellt, dass auf Thurschotter bei Sangen-Weinfelden im Kanton Thurgau Löss, der *Helix arbustorum* und *Succinien* enthält, vorkommt. Wehrli[1]) betrachtet das auf dem Thurschotter liegende Tonlager bei Negi bei Güttikhausen an der Thur als Lösslehm, eine Ansicht, der man nur beipflichten kann, nachdem sich auch hier Schneckenschalen und die Lössstruktur vorfanden. Dieser Löss liegt östlich Andelfingen auf einer tieferen, also auch jüngeren Flussterrasse. Gleich alt wie diese Lösse sind vielleicht diejenigen, die Früh (1899/1909, S. 47) im untern schweizerischen Rhonetal bei St. Triphon, Kt. Waadt, konstatierte.

Die Hauptfunde der postglacialen Lösse folgen nun aber erst der Zeit, nachdem die Gletscher hinter die Bühlmoränen zurückgegangen waren, welche im Linthtal bei Rapperswil-Hurden, im Rheintal bei Bregenz, im Rhonetal unterhalb St. Maurice angenommen werden. An den Talhängen des St. Galler, des Lichtensteiner und des Churer Rheintales ist der Löss bis gegen Chur in ausgedehntem Masse aufgefunden worden (vergl. Früh 1899). Neuerdings wurde er von W. Staub (mündl. Mitt.) auch im Gebiete des Flimser Bergsturzes nachgewiesen, so dass hier vielleicht Löss, der jünger als das Gschnitz-Stadium ist, vorliegt. — Im Rhonetal sind die Verhältnisse sehr ähnlich.

Nach allen bisherigen Funden liegt, wie schon gesagt, der Löss auf unverwitterten Moränen und Schottern der Rückzugsstadien der letzten Eiszeit oder auf den frischen Gletscherschliffen, woraus hervorgeht, dass der Löss sofort auf die betreffenden Bildungen folgte. Es können also die verschiedenen Lösse nicht gleichaltrig

[1]) in Letsch 1907. S. 386.

sein, sondern sie müssen den verschiedenen Rückzugsstadien der Gletscher entsprechen. Die Andelfinger Lösse sind gleich alt wie die Zeit der Innern Moränen, die von Güttikhausen, Sangen-Weinfelden und wahrscheinlich auch die von St. Triphon stammen aus der Zeit nach den Innern Moränen, sind aber älter als das Bühlstadium. Der Rest der Lösse hingegen ist jünger als dieses. Ob es noch Lösse gibt, die dem Gschnitz-Stadium entsprechen, oder noch jünger als dieses sind, ist noch unsicher.

Derjenige, der nun in dem Löss nur das Produkt eines trockenwarmen Klimas sieht, der müsste nun für jede Altersstufe dieser Lösse eine trockenwarme Periode annehmen, also eine solche während der Innern Moränenzeit, eine zweite zwischen dieser Zeit und dem Bühlstadium, eine dritte, am schärfsten ausgesprochene zwischen dem Bühl- und Gschnitz-Stadium. Aber auch hier lässt sich schön nachweisen, dass eine solche Annahme unhaltbar ist. Gerade aus dem Löss aus der Zeit zwischen dem Bühl- und dem Gschnitzstadium ist eine Schneckenfauna bekannt, die zeigt, dass auch hier die Verhältnisse so liegen, wie beim echten Löss. Es wurden im Löss im St. Galler Rheintal nämlich gefunden (Früh 1899, S. 178/181):

| | Arten: | heutige Verbreitung: |
|---|---|---|
| 1. | *Vallonia pulchella* Müll. | gemein, Rheintal |
| 2. | *Fruticicola sericea* Drap. | häufig, Rheintal |
| 3. | „ *villosa* Drap. | Rheintal |
| 4. | „ *plebeja* Drap. | fehlt Rheintal, aber SW.-Schweiz |
| 5. | „ *fruticum* Müll. | Rheintal, bloss Waldzone |
| 6. | „ *incarnata* Müll. | Rheintal |
| 7. | „ *strigella* Drap. | Rheintal |
| 8. | „ *rufescens* Per. | (Angabe fehlt) |
| 9. | *Arionta arbustorum* L. | Rheintal |
| 10. | *Helicogena pomatia* L. | Rheintal |
| 11. | *Patula rotundata* Müll. | gemein |
| 12. | „ *ruderata* Stud. | Rheintal |
| 13. | *Trigonostoma obvoluta* Müll. | Rheintal |
| 14. | *Xerophila candidula* Stud. | Schweiz |
| 15. | *Hyalina nitens* Mich. | Rheintal |
| 16. | „ *nitidula* Drap. | Rheintal |
| 17. | „ *depressa* Sterki | (Angabe fehlt) |
| 18. | „ *fulva* Müll. | Rheintal |
| 19. | „ *cellaria* Müll. | (Angabe fehlt) |
| 20. | „ *crystallina* Müll. | Rheintal |
| 21. | *Zua lubrica* Müll. | „ |
| 22. | *Cianella acicula* Müll. | „ |

| | | |
|---|---|---|
| 23. | *Napaeus montanus* Drap. | Rheintal |
| 24. | „ *obscurus* Drap. | „ |
| 25. | *Chondrula quadridens* Müll. | „ |
| 26. | *Clausinia dubia* Drap. | „ |
| 27. | *Pupa muscorum* L. | „ |
| 28. | „ *dolium* Drap. | „ |
| 29. | „ *secale* Drap. | „ |
| 30. | „ *variabilis* Drap. | fehlt Rheintal, aber Waadt, Wallis |
| 31. | *Succinea oblonga* Drap., kurze Form | Rheintal, ebenfalls kurze Form |

Von den bisher nachgewiesenen 31 Arten fehlen in der Liste von Früh bei drei Arten die Angaben über das heutige Vorkommen. Von den 28 andern kommen nach Früh heute noch 26 im Rheintal vor. Eine grosse Zahl dieser Schnecken lebt vom Laube, einige brauchen feuchte Wohnbezirke. Nirgends aber ist eine Spur von solchen Arten zu sehen, die ein trocken-warmes Klima zulassen oder gar verlangen würden. Also ist es bei diesem Löss einfach undenkbar, dass klimatische Faktoren das vegetationsfreie Denudationsgebiet geschaffen hätten; hier kann weder Wärme, noch Trockenheit, noch Kälte die Vegetation vernichtet haben.

Ebenso geht aus andern Fossilfunden die Unhaltbarkeit der Deutung, dass der Löss aus einem trocken-warmen Klima stamme, hervor. Dies zeigen in schöner Weise die subalpinen und alpinen Arten der Dryastone. Dem Momente des ersten Rückzuges hinter die Jungmoränen entsprechen die Dryastone mit *Salix reticulata* und *Betula nana* bei Mellingen, hierauf folgt die Bildung der Lösse bei Andelfingen. Die Dryastone bei Schwerzenbach mit *Salix herbacea, Salix polaris, Betula nana* usw. bildeten sich während der Inner-Moränenzeit. Kurz darauf entstanden die Tone von Bonstetten mit *Betula nana*. Hierauf folgen die Lösse der jüngeren Thurschotter bei Güttikhausen und Sangen-Weinfelden. Aus der gleichen Periode stammen die Glacialfloren von Hedingen und Niederwil bei Frauenfeld. Da nun die subalpinen und alpinen Arten im continentalen, also trocken-warmen Sommer zugrunde gehen würden und somit einen kühlen Sommer anzeigen, die Lösse aber einem continentalen Klima ihre Entstehung verdanken sollen, so erweist sich diese letzte Deutung als unhaltbar, denn es ist undenkbar, dass das Klima in diesem Masse von einem continentalen zu einem ozeanischen geschwankt haben sollte, wo doch der Rückzug der Gletscher sich so rasch, ohne von neuen, bedeutenderen Vorstössen unterbrochen zu sein, vollzog.

Es gibt demnach auch hier wieder nur eine befriedigende Erklärung: der Fluss, in unserm speziellen Falle der Rhein, schuf

damals mit seinen unregelmässigen Schmelzwässern die breiten Schotterflächen und hielt sie vegetationsfrei. Die föhnartig verschärften Winde bliesen aus ihnen den Staub aus und er häufte sich an den Talseiten, besonders da, wo er vom Wasser nicht mehr weggeschwemmt werden konnte, als Löss an.

Dass der Löss aus den Schottern und nicht etwa aus der frei gewordenen Grundmoräne ausgeblasen wurde, das beweist das Vorkommen von Dünen auf der Rheinebene im St. Galler Rheintal. Bereits Früh erkannte 1899 (S. 188) zwei solche bei Rüti; 1904 (S. 496) fügte er eine neue hinzu: den Hügel Bagol, 407 m, WNW Malanca-St. Leonhardt bei Ragaz, der seither durch Abbau aber beinahe völlig verschwunden ist. Auch der Hügel Quote 500, (Karte 1:2500) in der untern Au in der gleichen Gegend besteht aus Dünensand. Doch wurde er seiner Gebüsche beraubt und beackert, so dass er vom Winde heute so zu sagen völlig verweht ist. Die auf der Siegfriedkarte gezeichnete Erhebung im Heulöser, zwischen diesem Namen und der Quote 493 war ebenfalls eine Düne, die in ein Spargelfeld einbezogen werden sollte und deshalb umgegraben wurde. Der Wind konnte so auch hier angreifen und sie ist deshalb heute nicht mehr sichtbar. Auch der „Stellibüchel", Quote 499 in Heulöser ist, wenigstens zum grossen Teil, als ehemalige Düne zu betrachten.

Bei der abgebauten Düne Bagol sind die Bestandteile der Düne am besten zu beobachten. „Der graue, ungeschichtete Sand enthält noch einen erheblichen Prozentsatz grober, eckiger Splitter von Bündner Schiefer, Quarz, Calcit, Glimmer von 0,7 bis 1,5 mm" (Früh).

Diese auf den Schottern liegenden Dünen zeigen wiederum sehr deutlich, dass der Löss das Ausblasprodukt der Schotter ist. Der flugfähige Staub ging mit dem Winde weg, bildete den Löss, der rollende Sand aber bildete die Dünen.

Es ist klar, dass während der gleichen Rückzugsperiode eines Gletschers sich das Klima im gleichen Sinne änderte und deshalb darf die für den aus der Zeit zwischen dem Bühlstadium und dem Gschnitzstadium stammenden Löss gemachte Schlussfolgerung auch auf die Lösse der andern Etappen des Rückzugs angewandt werden. Demnach zeigt keiner dieser Lösse ein trocken-warmes Klima an, alle entstanden durch mechanische, nicht aber durch klimatische Faktoren.

Da nun, wie oben gesagt, auch die postglacialen Lösse den Gletschern auf dem Rückzuge folgten, also wie die echten Lösse

der Rissschotter glacial sind, zugleich aber eine Fauna beherbergen, die der heutigen sehr nahe steht, so kann zur Eiszeit im Mittelland nicht ein alpines oder arktisches Klima geherrscht haben, sondern ein solches, welches in den durchschnittlichen Temperaturen dem heutigen nahe stand. Da aber trotz dieser Temperatur die Gletscher so weit herabreichten, so können nur die festen Niederschläge die Vergrösserung der Gletscher bewirkt haben. Es muss also das Klima der Eiszeit ein sehr ozeanisches gewesen sein, ähnlich wie heute in Patagonien, Alaska, Neuseeland usw. So führen also die Lösse ungezwungen zu den gleichen Schlüssen, die ich schon auf ganz anderer Grundlage ausgesprochen habe (1909).

Der postglaciale Löss ist nun bedeutend weniger mächtig als der echte der Rissschotter. Da beide nicht das Produkt eines bestimmten Klimas, sondern mechanischer Faktoren waren, so mussten diese beim echten Löss stärker und länger wirken, das heisst die Gletscher mussten längere Zeit eine Stellung einnehmen, die die Lössbildung gestattete, sie durften also nicht zu sehr abnehmen, nicht zu weit in die Alpen zurückweichen. Dass sie auch wirklich nicht weit zurückgegangen sind, ist zum Mindesten wahrscheinlich, da die Erosion, die zwischen der Riss- und der Würmvergletscherung stattgefunden hat, relativ unbedeutend ist, wovon bereits eingangs die Rede war und wozu Mühlberg einige Beispiele anführt. Auch die Schieferkohlen von Uznach sprechen durchaus in diesem Sinne. Sie liegen auf Schottern [1]) und sind von Schottern überlagert. Aber auch zwischen den verschiedenen Kohlenflötzen liegen Schotter. Also überall Aufschüttung, nirgends Erosion. Aufschüttung findet sich aber nur bei relativ grossem Gletscherstande, woraus geschlossen werden muss, dass die Gletscher sich nicht weit zurückgezogen hatten. Auf ein starkes Zurückweichen der Gletscher wurde ja nur aus der Interglacialflora gefolgert, was sich aber nicht halten lässt (vergl. Brockmann-Jerosch 1909 und oben S. 499), so dass es für einen kleinen Gletscherstand im Interglacial, der etwa dem der heutigen Zeit entsprechen würde, tatsächlich gar keine Anhaltspunkte gibt.

Es liegt also zum Mindesten nahe anzunehmen, dass die Riss-Würm-Interglacialzeit nicht so stark ausgeprägt war. Auch sie

[1]) Nach Mayer-Eymar aber auf Moränen. Dieses ist nur scheinbar richtig. Die ganze Bildung der Schieferkohlen, Liegendes wie Hangendes, wurde während des Rückzuges der Würmgletscher von seitlichen Schmelzwassern parallel zum Gletscher durchfurcht. In diese Tälchen hinein kamen bei kleinern Schwankungen des Gletschers an einigen Orten Moränen wie auch Glacialtone zu liegen, so dass diese tiefer liegen können als die Schieferkohlen, obwohl sie jünger sind.

besass, wie die Eiszeiten selbst, ein ozeanisches Klima; ihre Flora unterscheidet sich ja auch dementsprechend von der jetzigen.

Wenn aber die Riss-Würm-Interglacialzeit nicht so ausgeprägt war, wenn die Gletscher also noch etwa bis an den Alpenrand reichten, so war die Möglichkeit gegeben, dass auch in dieser Zeit sich Löss bilden konnte. Dann gäbe es also vielleicht neben dem glacialen Löss noch einen andern, dem doch der Name interglacial zukäme. Aber das Wort interglacial hat, wenn man eine grössere Einheitlichkeit der Vergletscherung annehmen muss, eine andere Bedeutung und es wäre ein blosser Wortstreit, wenn man sich darüber nicht einigen könnte, welcher Name einem solchen Löss gegeben werden soll. Es ist also sehr wohl denkbar, dass die Lössbildung durch die letzte Interglacialzeit und die letzte Glacialzeit hindurch gegangen ist.

Zürich, 28. Dez. 1909.

**Nachtrag:** Während des Druckes werde ich auf die Arbeit von Wiegers, „Die diluvialen Kulturstätten Norddeutschlands und ihre Beziehungen zum Alter des Löss", Prähistorische Zeitschrift Bd. I., Heft 1, aufmerksam gemacht. In dieser Arbeit tritt Wiegers auf ganz anderer Grundlage ebenfalls für das glaciale Alter des Lösses ein.

## Citierte Literatur.


Brockmann-Jerosch, H., Die fossilen Pflanzenreste des glacialen Delta bei Kaltbrunn (bei Uznach, Kanton St. Gallen) und deren Bedeutung für die Auffassung des Wesens der Eiszeit. Jahrbuch der st. gallischen naturwissenschaftlichen Gesellschaft für 1909. St. Gallen 1910. Vorläufige Mitteilungen darüber in diesem Band.

Früh, J., Der postglaciale Löss im St. Galler Rheintal, mit Berücksichtigung der Lössfrage im allgemeinen. Vierteljahrsschrift der naturforschenden Gesellschaft Zürich, 44. Jahrgang 1899.

Früh, J., Über postglacialen, intramoränischen Löss (Löss-Sand) im schweizerischen Rhonetal. Eclogae geolog. helv. T. VI., Lausanne 1899/1900.

Früh, J., Über postglacialen, intramoränischen Löss (Löss-Sand) bei Andelfingen Kt. Zürich. Vierteljahrsschrift der naturforschenden Gesellschaft Zürich, 48. Jahrgang 1903.

Früh, J., Notizen zur Naturgeschichte des Kantons St. Gallen. Jahrbuch der st. gallischen naturwissenschaftlichen Gesellschaft für 1903, St. Gallen 1904.

Handel-Mazzetti, H., von, Ergebnisse einer botanischen Reise in das pontische Randgebirge im Sandschak Trapezunt. Annalen des K. K. naturhistorischen Hofmuseums, Wien 1909.

Heim, Albert, Neuseeland. Neujahrsblatt der naturforschenden Gesellschaft Zürich, Zürich 1905.

Hug, J., Geologie der nördlichen Teile des Kantons Zürich und der angrenzenden Landschaften. Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz, NF., XV. Lieferung. Bern 1907.

Hug, J., Die Zweiteiligkeit der Niederterrasse im Rheintal zwischen Schaffhausen und Basel. Zeitschrift für Gletscherkunde, III. Band 1909, S. 214.

Letsch, E., Die Schweizerischen Tonlager, I. Geologischer Teil. Beiträge zur Geologischen Karte der Schweiz, Geotechnische Serie, IV. Lieferung, Bern 1907.

Mühlberg, F., Der mutmassliche Zustand der Schweiz und ihrer Umgebung während der Eiszeit. Verhandlungen der schweizerischen naturforschenden Gesellschaft Freiburg, 1907.

Wahnschaffe, F., Die Oberflächengestaltung des norddeutschen Flachlandes, III. Auflage, Stuttgart 1909.

Wettstein, R., von, Die fossile Flora der Höttinger Breccie. LIX. Band der Denkschriften der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse der K. Akademie der Wissenschaften, Wien 1892.

# Notizen zur schweizerischen Kulturgeschichte.

Von

FERDINAND RUDIO und CARL SCHRÖTER.

## 26. Die Eulerausgabe (Fortsetzung [1]).

Wir können unsern diesjährigen Bericht mit dem frohen Rufe beginnen: Die Eulerausgabe ist gesichert, ist beschlossene Sache!

Eine Forderung, die seit Jahrzehnten immer und immer wieder gestellt worden war und immer wieder zu neuen Enttäuschungen geführt hatte, wird nun endgültig erfüllt werden!

Obwohl wir in unserm letztjährigen Berichte bereits in das Jahr 1909 hinübergegriffen hatten, werden wir wohl am besten hier den Bericht der Eulerkommission für das Jahr 1908/09 folgen lassen, wie er der Jahresversammlung der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft in Lausanne vorgelegt worden ist. Er lautet:

Der Bericht der Eulerkommission hat an die Glarner Beschlüsse vom 31. August 1908 anzuknüpfen. Entsprechend diesen Beschlüssen und den damit verbundenen Wegleitungen wird sich der Bericht einerseits mit der Beschaffung der für die Eulerausgabe erforderlichen finanziellen Hilfsmittel und andererseits mit der Gestaltung des Werkes selbst und mit der wissenschaftlichen und technischen Durchführung des Unternehmens zu befassen haben, wobei natürlich nicht zu vermeiden ist, dass gelegentlich der eine Teil der Berichterstattung in den andern übergreift.

I. Der Bericht über die Beschaffung der finanziellen Hilfsmittel, zu denen auch das Mittel der Subskriptionen auf die Werke gehört, wird naturgemäss einen chronologischen Charakter haben. Als erstes wichtigeres Ereignis ist der Beschluss der Deutschen Mathematiker-Vereinigung vom 22. September 1908 zu verzeichnen, durch den diese Gesellschaft den dritten Teil ihres gesamten Vermögens, nämlich 5000 Fr., der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft für die Eulerausgabe zur Verfügung stellte.

[1]) Siehe die Notizen Nr. 24 (1908) und Nr. 22 (1907).

Der Vorsitzende der Schweizerischen Eulerkommission, der zu der Sitzung speziell eingeladen worden war, war Zeuge der Begeisterung und Einstimmigkeit, mit der der Beschluss gefasst wurde. Der Wortlaut ist in unserem Euleraufrufe vom Dezember 1908 abgedruckt und er ist besonders zu erwähnen, weil die Deutsche Mathematiker-Vereinigung damit auch ihre Bereitwilligkeit zur wissenschaftlichen Unterstützung des Werkes ausgedrückt hat. Wir kommen auf diesen Punkt noch zurück.

In ihrer Sitzung vom 6. Dezember 1908 beschloss sodann die Eulerkommission die Veröffentlichung eines Aufrufes zur Zeichnung von freiwilligen Beiträgen. Dieser Aufruf[1]) sollte sich an die Vertreter der reinen und angewandten Mathematik und an die Freunde der Wissenschaft überhaupt wenden: er sollte aber zunächst nur in der Schweiz verbreitet werden und sollte den nationalen Charakter des Unternehmens zum Ausdruck bringen. Die Verbreitung des in deutscher und französischer Sprache abgefassten und vom Zentralkomitee und der Eulerkommission gemeinsam unterzeichneten Aufrufes wurde in der Weise durchgeführt, dass die einzelnen kantonalen naturforschenden Gesellschaften gebeten wurden, besondere Eulerkommissionen zur Sammlung von Beiträgen zu wählen. Es ist der Schweizerischen Eulerkommission eine angenehme Pflicht, auch an dieser Stelle den kantonalen Gesellschaften, ihren Eulerkommissionen und überhaupt allen denen, die sich der Propaganda so bereitwillig angenommen haben, den herzlichsten Dank auszusprechen. Ohne die begeisterte und begeisternde Hingebung, ohne die aufopfernde und unermüdliche Tätigkeit, die die einzelnen Vertreter unseres Unternehmens in ihren Kantonen in Wort und Schrift entfaltet haben, wäre nicht erreicht worden, was wir jetzt mit freudiger Genugtuung vor uns sehen, wäre vor allem der Gedanke nicht zum Durchbruch gekommen, dass die Eulerausgabe ein Werk sei, an dem das ganze Schweizervolk Anteil habe, dass es sich hier um eine nationale Ehrenaufgabe handle, bei der an die tatkräftige Mitwirkung aller vaterländisch gesinnten Freunde der Wissenschaft appelliert werden dürfe.

Die Sammlung freiwilliger Beiträge aus der Schweiz hat bis heute (28. Juli) den schönen Betrag von Fr. 84,000 erreicht. Die Sammlung ist noch nirgends abgeschlossen, in einzelnen Kantonen ist sie sogar jetzt erst recht im Gange. Unter diesen Umständen wäre es untunlich, heute schon eine, wenn auch nur summarisch gehaltene Gabenliste mitzuteilen. Wir müssen uns dies für den nächsten Jahresbericht aufsparen, der dann ein vollständiges Bild der Gesamtleistung enthalten

[1]) Er ist in Nr. 24 (1908) abgedruckt worden.

wird. Das soll uns aber nicht hindern, jetzt schon allen denen, die das Werk durch ihre Beiträge unterstützt haben, aufs herzlichste zu danken. Unser Dank gilt zunächst den kantonalen und städtischen Behörden, die dem Unternehmen ihre Sympathie durch Subventionen bekundet haben. In ganz besonderem Masse fühlen wir uns der Regierung von Baselstadt verpflichtet. Unser Dank gilt ferner den wissenschaftlichen und technischen Instituten, Gesellschaften und Vereinen, den Versicherungsgesellschaften, den technischen, industriellen und kommerziellen Unternehmungen und endlich den vielen Privaten, die sich alle zur Förderung der Eulerausgabe vereinigt haben.

In derselben Sitzung vom 6. Dezember 1908, in der der eben besprochene Aufruf beschlossen wurde, hatte sich die Eulerkommission auch mit der „Sprachenfrage" zu beschäftigen, von der noch die Rede sein wird. Die Korrespondenz, die daraufhin der Vorsitzende in dieser Sache insbesondere mit Herrn Darboux zu führen hatte, ergab plötzlich eine ganz unerwartete und hochwillkommene Wendung in der Entwicklung unseres Unternehmens. Am 13. Januar 1909 machte nämlich Herr Darboux die Mitteilung, dass die Pariser Akademie beschlossen habe, auf 40 Exemplare der Eulerausgabe zu subskribieren, unter der Bedingung, dass die Werke in der Originalsprache publiziert würden. Zugleich empfahl er, als besonders geeignetes Mittel, überhaupt eine allgemeine Subskription auf die Werke zu eröffnen.

Da die Sammlung in der Schweiz einen günstigen Erfolg zu nehmen versprach, so hielt sich die Eulerkommission nunmehr für berechtigt, auch die Hilfe des Auslandes in Anspruch zu nehmen. Sie beschloss daher in ihrer Sitzung vom 28. Februar 1909, einen zweiten Aufruf zu veröffentlichen, der in der ganzen Welt verbreitet werden sollte und der gleichzeitig zu freiwilligen Beiträgen und zu Subskriptionen auf Eulers Werke einzuladen hätte. Dieser, wiederum vom Zentralkomitee mitunterzeichnete und in deutscher, französischer und englischer Sprache abgefasste Aufruf[1]) wurde und wird noch heute in vielen Tausenden von Exemplaren an alle Mathematiker, Physiker, Astronomen, Techniker usw. der ganzen Welt verschickt, soweit sie nur aus den gangbaren Verzeichnissen zu ermitteln sind, ferner an alle grösseren Bibliotheken, an alle der Assoziation angehörenden und noch an viele andere Akademien, an alle bekannteren Institute, Gesellschaften und Vereine, die die reine und angewandte Mathematik pflegen, an zahlreiche technische Firmen, sodann unter dankenswertester Mitwirkung eines besonderen internationalen Komitees an alle grösseren Versicherungs-

[1]) Der deutsche Wortlaut ist am Schlusse des vorliegenden Berichtes abgedruckt.

gesellschaften usw. usw. Es ist kaum möglich und würde auch zu viel Raum erfordern, über alles das mit einiger Vollständigkeit zu berichten. Auch mit der umfangreichen Korrespondenz, die mit dieser Propaganda verbunden war, kann sich trotz ihres Interesses die Berichterstattung nicht näher befassen, und so sei daher nur kurz gesagt, dass, wo immer es angemessen erschien, der Aufruf von einem entsprechenden Schreiben begleitet war. Es ist dem Vorsitzenden der Eulerkommission ein Bedürfnis, allen denen (und es sind ihrer sehr viele, in allen Weltteilen), die ihn bei dieser Arbeit mit Rat und Tat unterstützt haben, aufs herzlichste auch an dieser Stelle zu danken.

Wie in der Schweiz, so wurde auch überall im Auslande das Projekt der Eulerausgabe mit ungeteilter Begeisterung aufgenommen. Einen Beleg dafür liefern allein schon die zahllosen Eulerartikel, die auf Grund unseres Aufrufes in den Zeitungen und Zeitschriften der verschiedensten Sprachgebiete veröffentlicht worden sind und die jetzt schon eine kaum übersehbare Literatur bilden. Handelt es sich doch auch darum, dass ein von den Mathematikern seit Jahrzehnten gehegter Traum nun endlich in Erfüllung gehen soll! Schon am 8. Mai durfte ein Artikel in der Neuen Zürcher Zeitung berichten: „Obwohl wir erst in den Anfängen stehen, so hat es doch etwas geradezu Erhebendes, zu sehen, wie sich die Wirkung dieser Aktion von Tag zu Tag steigert. Durch die ganze mathematische Welt geht eine Bewegung, als rüste man sich zu einem grossen Fest- und Ehrentage."

Heute, am 28. Juli, haben nach kaum dreimonatiger Propaganda die aus dem Auslande uns zugesicherten freiwilligen Beiträge die Höhe von rund Fr. 31,000 erreicht. Die Gesamtsumme der freiwilligen Beiträge beträgt also heute rund Fr. 115,000. An Subskriptionen auf Eulers Werke liegen aus dem Auslande und der Schweiz zusammen bis heute 220 vor. Sowohl die Subskriptionen wie die freiwilligen Beiträge mehren sich noch mit jedem Tage. Ausserdem liegen für beide von den verschiedensten Seiten her noch weitere Zusagen vor, die nur aus äusseren Gründen noch nicht die Gestalt definitiver Zeichnungen angenommen haben und daher nicht mitgezählt worden sind.

Wenn wir nun auch, wie bei den Beiträgen aus der Schweiz, die Mitteilung auch der ausländischen Beitragsliste auf den nächsten Jahresbericht verschieben und uns für diesmal mit einem allgemeinen Danke an alle, die unser Unternehmen unterstüzt haben, begnügen müssen, so dürfen doch, ihrer besonderen Bedeutung wegen, drei grössere Subventionen, ausser der der Pariser Akademie, jetzt schon speziell hervorgehoben werden. In ihren Sitzungen vom 24. April und 13. Mai fasste, durch Vermittlung der Herren Backlund und Sonin, die Petersburger Akademie Beschlüsse, die für die Eulerausgabe

von grösster Wichtigkeit sind. Die Akademie beschloss nämlich, auf 40 Exemplare zu subskribieren, eine Subvention von Fr. 5000 zu gewähren und der Eulerkommission alle in ihren Archiven befindlichen Materialien, die zur bestmöglichen Ausführung des Unternehmens nötig sein sollten, zur Verfügung zu stellen. Zur Sichtung und Ordnung dieser Materialien hat die Akademie eine besondere Kommission gewählt.

Sodann darf, als Beweis für das Interesse, das die Vertreter der Versicherungswissenschaft und die Techniker, insbesondere die Ingenieure, der Eulerausgabe entgegenbringen, mitgeteilt werden, dass der VI. Internationale Kongress für Versicherungswissenschaft, der im Juni dieses Jahres in Wien tagte, für die Eulerausgabe mit sehr beachtenswerter Begründung und mit begeisterter Akklamation Fr. 5000 votiert hat und dass kurze Zeit darauf der Verein Deutscher Ingenieure beschlossen hat, das Unternehmen mit Mk. 5000 zu unterstützen.

Die Frage liegt nahe, ob sich nicht auch die Berliner Akademie, der Euler ein Vierteljahrhundert lang angehört hat, dem Vorgehen der Akademien von Paris und Petersburg anschliessen werde. Es bedarf natürlich keiner besondern Erwähnung, dass die Eulerkommission nicht unterlassen hat, sich auch mit dieser Akademie in Verbindung zu setzen. Da indessen endgültige Entscheidungen zurzeit noch nicht vorliegen, so halten wir uns zu weiteren Mitteilungen nicht für berechtigt.

II. Es möge nunmehr dargelegt werden, wie wir die Eulerausgabe zu gestalten und wie wir überhaupt das ganze Unternehmen durchzuführen gedenken. Auch für diese Fragen sind die Vorarbeiten so weit gediehen, dass alles hinreichend abgeklärt erscheint. Wir sprechen also zunächst von dem Werke selbst.

Nachdem schon im letztjährigen „Bericht des Zentralkomitees über die Anträge der Eulerkommission“ die Frage aufgeworfen worden war, ob die Schriften Eulers in der Originalsprache oder in Übersetzung herausgegeben werden sollten, richtete im Oktober 1908 die Vereinigung der Mathematiklehrer an schweizerischen Mittelschulen ein Schreiben an die Eulerkommission, in dem sie die Herausgabe in deutscher oder französischer Sprache als notwendig bezeichnete. Die Eulerkommission glaubte in ihrer Sitzung vom 6. Dezember, zum gründlichen Studium dieser so wichtigen Sprachenfrage eine besondere Subkommission einsetzen zu sollen, und bestellte diese aus den Professoren Amstein, Fehr (als dem Präsidenten der „Vereinigung“), Fueter, Graf und Rudio. Diese Subkommission hat einen besonderen Bericht ausgearbeitet, der sich auf die übereinstimmenden Gut-

achten der Professoren Bosmans, Darboux, Eneström, Franel, Hilbert, Hirsch, Hurwitz, Klein, Krazer, Lindemann, Schmidt Schwarz, Stäckel, Wangerin, Weber und der Firmen B. G. Teubner und Zürcher & Furrer stützt und der mit der Erklärung schliesst: „Die Subkommission erklärt einstimmig, dass eine Gesamtausgabe der Werke Eulers in Übersetzung aus wissenschaftlichen und finanziellen Gründen unmöglich ist." Auf Grund dieses Berichtes hat dann die Eulerkommission am 28. Februar 1909 auch ihrerseits einstimmig beschlossen, die Eulerausgabe habe in der Originalsprache zu erfolgen. Damit ist zugleich die Bedingung erfüllt, die die Pariser Akademie an ihre Beteiligung geknüpft hatte und die in der Folge auch von der Petersburger Akademie aufgenommen worden ist.

Nachdem diese grundsätzliche Frage erledigt war, konnten wir endlich an die eigentliche Aufgabe herantreten, einen bestimmten Redaktionsplan auszuarbeiten. Da es von jeher bei allen Sachkundigen als ganz selbstverständlich gegolten hatte, dass der gewaltige Stoff nicht anders als nach Materien geordnet werden könne — eine Forderung, die ja schon 1841 von Jacobi aufgestellt worden war —, so war auch diese Frage für uns bereits beantwortet.

Wenn wir nun auch hoffen durften, in der umfangreichen Euler-Bibliographie, die Herr Eneström auf Anregung der Deutschen Mathematiker-Vereinigung auszuarbeiten übernommen hat, ein sehr wesentliches Hilfsmittel für den Entwurf einer Einteilung der Werke Eulers zu erhalten, so war uns doch auch sofort klar, dass wir nicht imstande wären, neben der grossen Arbeit, die die Propaganda erfordert, auch noch diese Aufgabe zu bewältigen. Um so grösser war daher unsere Freude, als sich der Vorsitzende der deutschen Eulerkommission, Herr Prof. P. Stäckel, auf unsern Wunsch bereit erklärte, die Ausarbeitung des Entwurfes zu übernehmen. Die Arbeit des Herrn Stäckel liegt jetzt fertig vor. Sie gibt auf 28 Druckseiten ein vollständiges Bild der geplanten Ausgabe, Band für Band, bis in alle Einzelheiten und sie beantwortet zugleich fast alle Fragen, die der Eulerkommission überbunden worden waren, in weitgehendster Weise. Herr Stäckel hat sich dadurch alle Eulerfreunde und ganz besonders unsere Schweizerische Naturforschende Gesellschaft zu hohem Danke verpflichtet. Der Vollständigkeit halber sei noch erwähnt, dass die zwar noch nicht veröffentlichte, aber zu einem grossen Teil vollendete Euler-Bibliographie des Herrn Eneström der Arbeit des Herrn Stäckel bei der Korrektur zugute kam, und dass Herr Stäckel überhaupt dafür gesorgt hat, dass sein „Entwurf" keine wesentlichen Änderungen mehr zu gewärtigen haben wird. Auch die ungedruckten Arbeiten Eulers,

die wir von der Eulerkommission der Petersburger Akademie noch zu erwarten haben, werden sich ohne Störung einreihen lassen. Endlich sei noch bemerkt, dass die Titel der einzelnen Abhandlungen leicht nach den beigesetzten Nummern aus den Verzeichnissen von Fuss und Hagen entnommen werden können, die überall erhältlich sind.

Wer das gewaltige Material überblickt, wird erkennen, dass sich eine mit umfangreichen Anmerkungen versehene kritisch-exegetische Ausgabe von selbst verbietet — so gut wie eine in Übersetzung. Geplant kann nur eine möglichst pietätvolle Wiedergabe der Eulerschen Schriften werden. Das schliesst aber natürlich die Kritik nicht aus. Korrekturen und Anmerkungen sind nicht zu vermeiden, sie werden sich aber auf das Notwendigste beschränken. Endlich halten wir dafür, dass Arbeiten, von denen Ausgaben in verschiedenen Sprachen vorhanden sind, nur einmal aufzunehmen und dass überhaupt Dubletten tunlichst zu vermeiden seien.

Wenden wir uns nun zu der wissenschaftlichen Redaktionsarbeit. Der Entwurf des Herrn Stäckel gibt auch hierfür geeignete Vorschläge, die zugleich einer im letztjährigen Bericht des Zentralkomitees enthaltenen Anregung entgegenkommen. Dieser Anregung der Arbeitsteilung wird sachlich gewiss am besten dadurch entsprochen, dass die einzelnen Bände solchen Gelehrten zur Bearbeitung übergeben werden, die nicht nur mit dem betreffenden Gebiete, sondern speziell auch mit den dazu gehörigen Eulerschen Arbeiten vertraut sind. Auf diese Weise wird verhältnismässig leicht — und sicherlich leichter und besser als durch eine Verteilung auf die einzelnen wissenschaftlichen Gesellschaften — bewältigt werden, was früher gerade die grössten Schwierigkeiten zu bereiten schien. Herr Stäckel hat sich aber nicht damit begnügt, allgemeine Vorschläge zu machen, er hat sich auch der Mühe unterzogen, geeignete Kräfte wirklich zu gewinnen und so im Sinne der von der Deutschen Mathematiker-Vereinigung gegebenen Zusicherung zu wirken. Die dem Zentralkomitee vorgelegte Liste enthält die Namen von über 20 Gelehrten, die sich jetzt schon grundsätzlich für die Übernahme bestimmter Bände zur Verfügung stellen. Damit dürfte der verlangte Nachweis ausreichender wissenschaftlicher Hilfskräfte erbracht sein. Zugleich wird bei der vorgesehenen Arbeitsteilung nunmehr das ganze Werk in wesentlich kürzerer Zeit erstellt werden können, als früher angenommen worden war.

Zur Leitung und Überwachung der ganzen Redaktionsarbeit, zur Herstellung der nötigen Vermittelung und des Verkehrs zwischen den einzelnen Herausgebern, zur Wahrung der erforderlichen Einheitlichkeit, insbesondere zur Durchführung der vereinbarten Redaktions-

grundsätze ist natürlich noch eine besondere Redaktionskommission erforderlich. Diese sollte aus nicht mehr als drei Mitgliedern, womöglich aus der Zahl der Herausgeber, bestehen. Der Vorsitzende dieser Kommission wäre der eigentliche leitende und verantwortliche Redaktor des ganzen Unternehmens. Er müsste natürlich Mitglied der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft sein, während für die beiden andern, die dem Redaktor beratend und helfend zur Seite stehen, diese Bedingung so wenig erforderlich wäre wie für die Herausgeber der einzelnen Bände.

Auf das Verhältnis der Redaktionskommission zur Eulerkommission und zu unserer Gesellschaft überhaupt können wir hier nicht eintreten. Wir begnügen uns damit, in allgemeinen Umrissen zu skizzieren, wie sich etwa im grossen und ganzen die Dinge gestalten könnten. Für den Fall, dass in Lausanne die Eulerausgabe definitiv beschlossen wird, wäre wohl zunächst die Eulerkommission neu zu wählen oder zu bestätigen. Alsdann sollte von der Jahresversammlung, in der ja unmöglich alle Einzelheiten behandelt werden können, für das Zentralkomitee und die Eulerkommission die Ermächtigung eingeholt werden, ein Reglement aufzustellen, das insbesondere zu ordnen hätte: die Organisation und die Kompetenzen der Eulerkommission, sowie ihre Beziehungen zum Zentralkomitee; die Verwaltung des Eulerfonds, für die ein besonderer Finanzausschuss zu bestellen sein wird; endlich die Bestellung der eigentlichen Redaktionskommission und die Festsetzung ihrer Kompetenzen und ihrer Beziehungen zur Eulerkommission.

Wir haben uns nunmehr mit dem Finanzplan der Eulerausgabe zu beschäftigen. Sehen wir von dem Registerband ab, so umfasst der Stäckelsche Entwurf 21217 Quartseiten oder 2652 Bogen zu 8 Seiten. Wie Herr Stäckel in der Einleitung bemerkt, sind die Seitenzahlen sehr reichlich bemessen, nämlich allemal mit einem Zuschlag von 10 Prozent, der kaum wirklich in Anspruch genommen werden wird. Wir lassen aber der Sicherheit wegen die Stäckelschen Zahlen stehen und bemerken nur zur Rechtfertigung unserer früheren Ansätze, die auch in den Aufrufen wiederholt sind, dass nun natürlich die Ausgaben, aber im gleichen Masse auch die Einnahmen, höhere Zahlen aufweisen werden.

Bei einer Auflage von 400 Exemplaren und würdiger Ausstattung (wie die Ausgabe von Brioschi) berechnen B. G. Teubner, Zürcher & Furrer und andere Firmen fast ganz übereinstimmend Fr. 110 für den fertigen Bogen (also für Satz, Korrektur, Revision, Druck, Papier). Sodann muss die Redaktionsarbeit honoriert werden. Setzen wir vorläufig Fr. 50 pro Bogen ein, so ist das freilich sehr bescheiden ge-

rechnet, denn an jedem Bogen sind mindestens zwei Personen beteiligt, der Herausgeber und der verantwortliche Redaktor. Mit 110+50= Fr. 160 kämen wir dann bei 2652 Bogen auf die Summe von Fr. 424,320. Rechnen wir noch für die Figuren, die bei Euler keine grosse Rolle spielen, Fr. 5000, für das Heften und für Unvorhergesehenes Fr. 20,000, so kommen wir auf eine Gesamtsumme von rund Fr. 450,000.

Diesen Ausgaben stehen heute (28. Juli) folgende Einnahmen gegenüber:

Die Zahl der Subskriptionen beträgt 220. Bei 43 Bänden zu Fr. 25, d. h. bei Fr. 1075 pro Exemplar, bedeutet dies eine Einnahme von Fr. 236,500, die vollständig, ohne Abzug von Buchhändlerprozenten, in diesem Betrage zu buchen ist. Dazu kommen an freiwilligen Beiträgen bis heute rund Fr. 115,000. Da diese Beiträge zum weitaus grössten Teile sofort einbezahlt werden, während sich die Ausgaben auf eine Reihe von Jahren verteilen, so resultiert noch ein nicht unbeträchtlicher Zinsgenuss, der mit mindestens Fr. 30,000 in Rechnung gesetzt werden darf. Wir dürfen also die Gesamteinnahme, wie sie sich heute (28. Juli) darstellt, auf 236,500 + 115,000 + 30,000 = Fr. 381,500 beziffern. Da, wie schon bemerkt, die Subskriptionen und die freiwilligen Beiträge noch Tag für Tag zunehmen, so werden sich die Verhältnisse noch wesentlich günstiger gestalten. Zu alledem kommen dann noch im Laufe der Jahre die Einnahmen durch den Einzelverkauf.

Es darf also mit aller Ruhe und Bestimmtheit gesagt werden, dass der Nachweis der finanziellen Durchführbarkeit der Eulerausgabe geleistet ist, wobei wir betonen, dass bis jetzt ein Bundesbeitrag noch nicht nachgesucht worden ist.

Es liegt also z. B. auch gar kein Grund vor, die Auflage auf die Zahl der Subskriptionen herabzusetzen. Denn ganz abgesehen davon, dass die Ersparnis sehr unbedeutend wäre (etwa Fr. 12,000), da ja die Hauptposten, nämlich Satz und Redaktion, von der Höhe der Auflage unabhängig sind, muss doch auch gesagt werden, dass man es nicht gut verantworten könnte, eine so enorme Arbeit zu veranlassen, um ihre Früchte schon der allernächsten Generation vorzuenthalten. Vielmehr ist zu wünschen und es ist zum Glück auch sehr wahrscheinlich, dass sich die Verhältnisse derart gestalten werden, dass die Auflage höher als auf 400 Exemplare normiert werden könne.

Auf den buchhändlerischen Vertrieb der Eulerausgabe jetzt schon einzutreten, dürfte verfrüht und für den Zweck des vorliegenden Berichtes auch nicht nötig sein. Wir glauben, uns an dieser Stelle mit der Mitteilung begnügen zu dürfen, dass befriedigende Offerten von Firmen ersten Ranges vorliegen und dass daher die Organe,

denen die Durchführung des Unternehmens anvertraut werden wird, leicht eine der Eulerausgabe angemessene Lösung aller Verlagsfragen finden werden.

Zürich, 28. Juli 1909.

### Nachtrag vom 5. September.

Seit dem 28. Juli haben sich die Verhältnisse der Eulerausgabe noch wesentlich günstiger gestaltet, ja, es hat sich sogar gefügt, dass mit dem Beginn der Jahresversammlung die Summe der Einnahmen genau die auf Fr. 450,000 budgetierte Ausgabensumme erreicht hat!

Vor allem ist zu erwähnen, dass nun auch die Berliner Akademie, wie die Pariser und die Petersburger, auf 40 Exemplare der Eulerausgabe subskribiert hat. Die Gesamtzahl der Subskriptionen beträgt heute 274, was einer Einnahme von rund Fr. 294,500 entspricht. Die freiwilligen Beiträge aus dem Ausland sind inzwischen auf rund Fr. 31,500 und die aus der Schweiz auf rund Fr. 94,000, zusammen also auf rund Fr. 125,500 gestiegen. Dies ergibt mit dem auf Fr. 30,000 angesetzten Zins eine Einnahmesumme von 294,500 + 125,500 + 30,000 = Fr. 450,000.

Der Präsident der Euler-Kommission:
Ferdinand Rudio.

Die deutsche Fassung des Seite 465 erwähnten Aufrufes hat folgenden Wortlaut:

## Aufruf

zur

**Unterstützung der von der Schweiz. Naturforschenden Gesellschaft in Aussicht genommenen Herausgabe der**

**Werke Leonhard Eulers**

**durch Subskriptionen und durch Zeichnung von freiwilligen Beiträgen.**

Mehr als 60 Jahre sind verflossen, seit der grosse Mathematiker Jacobi jenen denkwürdigen Briefwechsel mit P. H. von Fuss über die Herausgabe der Werke Leonhard Eulers unterhalten hat, dessen Veröffentlichung wir jetzt den Herren Paul Stäckel und Wilhelm Ahrens verdanken. Jacobi hat in diesen Briefen nicht nur mit grösster Eindringlichkeit und Begeisterung auf die Wichtigkeit eines solchen Unternehmens hingewiesen — heisst es doch gleich im ersten Briefe: „Es wäre wohl eine grosse Wohltat, welche die Petersburger Akademie der mathematischen Welt erwiese, und ein Russland ehrendes und seiner Grösse angemessenes Unternehmen, wenn sie die Abhand-

lungen Eulers nach ihren Gegenständen geordnet herausgäbe" —, er hat auch die Mühe nicht gescheut, in wochenlanger Arbeit selber eine Orientierung über die zweckmässigste Anordnung des ungeheuren Stoffes auszuarbeiten. „Wenn ein Jacobi, an dessen Zeit, wie Fuss einmal schreibt, die Wissenschaft höhere Ansprüche hatte, sich der Eulerschen Werke mit soviel Hingabe, mit soviel Opfern an Zeit und Kraft angenommen hat, so sollten jetzt alle, die es angeht, darin eine Aufforderung sehen, mitzuwirken, dass endlich eine Schuld getilgt werde, die schon längst hätte getilgt sein sollen!"

Der von den Mathematikern seit Jahrzehnten gehegte Traum soll in Erfüllung gehen! Unter dem Eindruck der Bewegung, die sich bei der Feier des 200jährigen Geburtstages Eulers der ganzen mathematischen Welt bemächtigte, unter dem Eindruck namentlich der erhebenden Geburtstagsfeier in Basel, hat die Schweizerische Naturforschende Gesellschaft in ihrer Freiburger Jahresversammlung vom 29. Juli 1907 eine Eulerkommission niedergesetzt mit dem Auftrage, die Mittel und Wege zu studieren, die zu einer Gesamtausgabe der Werke Eulers erforderlich sind.

Dieser Beschluss hat überall freudigen Widerhall gefunden. Auf Anregung des Vorsitzenden der schweizerischen Eulerkommission beschloss sofort die Deutsche Mathematiker-Vereinigung auch ihrerseits eine Eulerkommission einzusetzen zur tatkräftigen Unterstützung des grossen Unternehmens. Und auf Veranlassung der Deutschen Mathematiker-Vereinigung fasste dann der Internationale Mathematiker-Kongress in Rom, April 1908, einstimmig folgende Resolution:

„Der vierte Internationale Mathematiker-Kongress in Rom betrachtet eine Gesamtausgabe der Werke Eulers als ein Unternehmen, das für die reine und angewandte Mathematik von der grössten Bedeutung ist. Der Kongress begrüsst mit Dank die Initiative, welche die Schweizerische Naturforschende Gesellschaft in dieser Angelegenheit ergriffen hat, und spricht den Wunsch aus, dass das grosse Unternehmen von dieser Gesellschaft in Gemeinschaft mit den Mathematikern der andern Nationen ausgeführt werde. Der Kongress bittet die Internationale Association der Akademien und insbesondere die Akademien zu Berlin und Petersburg, deren glorreiches Mitglied Euler gewesen ist, das genannte Unternehmen zu unterstützen."

Unmittelbar nach Annahme dieser Resolution gab der Vertreter der Pariser Akademie, Herr G. Darboux, die Erklärung ab, dass die Internationale Association der Akademien sich vergangenes Jahr in Wien mit der Eulerfrage beschäftigt habe und dass sie ihr überaus sympathisch gegenüberstehe. Aus der Korrespondenz, die inzwischen der Vorsitzende der schweizerischen Eulerkommission mit

Herrn Darboux und mit Herrn Lindemann, der in Wien die Eulerfrage angeregt hatte, geführt hat, darf die Hoffnung abgeleitet werden, dass die Schweizerische Naturforschende Gesellschaft von der Association die vom römischen Kongresse gewünschte Unterstützung finden werde.

In ihrer Jahresversammlung vom 30. August 1908 hat nun die Schweizerische Naturforschende Gesellschaft den folgenden Antrag ihres Zentralkomitees zum Beschluss erhoben:

§ 1. Die Schweizerische Naturforschende Gesellschaft erklärt sich bereit, eine Gesamtausgabe der Werke Leonhard Eulers ins Leben zu rufen, unter der Voraussetzung, dass dieses Unternehmen durch die hohen eidgenössischen und kantonalen Behörden, sowie durch in- und ausländische gelehrte Körperschaften und Freunde der Wissenschaft ausreichend unterstützt werde und dass die zur Durchführung erforderlichen wissenschaftlichen Kräfte ihre Mitwirkung zur Verfügung stellen.

§ 2. Die Schweizerische Naturforschende Gesellschaft beauftragt die Eulerkommission in Verbindung mit dem Zentralkomitee mit der Durchführung der Vorarbeiten.

§ 3. Nach Beendigung der Vorarbeiten ist ein abermaliger Beschluss der Gesellschaft notwendig, um die Herausgabe in Angriff nehmen zu können.

Zu § 2 waren, als Wegleitung, noch einige Postulate aufgestellt worden, deren letztes die „Sammlung eines Fonds aus privaten Beiträgen und von Subskriptionen für den Fall der Herausgabe der Eulerschen Werke“ fordert.

Das Zentralkomitee und die Eulerkommission der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft haben es für selbstverständlich erachtet, dass die Sammlung freiwilliger Beiträge in dem Vaterlande Eulers zu beginnen habe. Wir freuen uns, mitteilen zu können, dass dieser Gedanke in der ganzen Schweiz eine sympathische Aufnahme gefunden hat. Die Sammlung ist noch nicht abgeschlossen, aber es ist jetzt schon sehr wahrscheinlich, dass sie den Betrag von 100,000 Fr. erreichen wird. Wir glauben daher berechtigt zu sein, uns nunmehr auch an das Ausland wenden zu dürfen mit der Bitte um Unterstützung.

Zwei hochangesehene wissenschaftliche Korporationen sind hier schon mit gutem Beispiel vorangegangen.

Im September 1908 hat zunächst die Deutsche Mathematiker-Vereinigung in ihrer Jahresversammlung zu Köln beschlossen, der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft 5000 Fr. für die Eulerausgabe zu überweisen. Dieser Beitrag gewinnt eine besondere Be-

deutung durch die Tatsache, dass die Deutsche Mathematiker-Vereinigung damit den dritten Teil ihres ganzen disponiblen Vermögens dem genannten Zwecke opfert. Der vom Vorstand einmütig gestellte und vom Vorsitzenden, Herrn Geh.-Rat Prof. Dr. Felix Klein, mit warmen Worten empfohlene Antrag wurde von der Kölner Versammlung ohne Diskussion und einstimmig angenommen. Besondere Beachtung verdient auch die Motivierung des Beschlusses: „In Anbetracht der grossen Bedeutung, die Eulers nie veraltende Werke für den gesamten Umfang der mathematischen Wissenschaft besitzen, erklärt sich die Deutsche Mathematiker-Vereinigung bereit, die von der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft inaugurierte Herausgabe der Werke Eulers wirksam zu unterstützen, und stellt aus ihrem Vermögen der genannten Gesellschaft als Beitrag zu den Kosten die Summe von 5000 Fr. zur Verfügung."

Sodann hat im Januar dieses Jahres die Pariser Akademie den Beschluss gefasst, auf 40 Exemplare der Eulerausgabe zu subskribieren (zahlbar nach Lieferung eines jeden Bandes), unter der Bedingung, dass die Werke in der Originalsprache herausgegeben würden. Diese Bedingung ist inzwischen von der schweizerischen Eulerkommission zum Beschluss erhoben worden.

Die Gesamtkosten der geplanten Eulerausgabe sind auf Grund sorgfältiger Berechnungen und Verhandlungen mit kompetenten Firmen auf rund 400,000 Fr. veranschlagt worden, denen, bei freilich sehr bescheidenen Ansätzen, etwa 150,000 Fr. Einnahmen durch den Verkauf gegenüber stehen würden. Sollten sich, wie wir zuversichtlich hoffen, nach dem Vorgange der Pariser Akademie die Subskriptionen in ausreichender Zahl einstellen, so würden sich die Verhältnisse natürlich sofort wesentlich günstiger gestalten.

Wir wenden uns nun an alle Mathematiker der Welt, der alten wie der neuen, und an alle Freunde der mathematischen Wissenschaften mit der Bitte um Unterstützung. Wir bitten sie ganz besonders, uns so rasch als möglich die zur Durchführung des Unternehmens nötigen Subskriptionen zu verschaffen, indem sie die ihnen nahestehenden und in Betracht kommenden Bibliotheken zu solchen veranlassen. Die Eulerausgabe wird etwa 40 Bände umfassen und der Preis des Bandes 25 Fr. nicht übersteigen. Die jährliche Ausgabe wird also, auch wenn mehrere Bände jährlich erscheinen, verhältnismässig unbedeutend sein. Es werden aber gewiss alle Mathematiker mit um so stärkerem Nachdruck verlangen, dass künftighin in den Bibliotheken, auf die sie angewiesen sind, Eulers Werke zu finden seien, je unvollständiger diese Forderung zur Zeit noch erfüllt ist. Es gilt dies namentlich von der Mehrzahl der neueren Bibliotheken, also besonders wohl der amerikanischen.

Wir wenden uns sodann speziell an die grossen mathematischen Gesellschaften, indem wir sie bitten, dem Beispiele der Deutschen Mathematiker-Vereinigung folgen zu wollen. Zugleich aber bitten wir sie dringend, auch noch von sich aus weitere freiwillige Beiträge zu sammeln. Wie in der Schweiz, so werden gewiss auch in den andern Ländern die Versicherungsgesellschaften, die grossen technischen Vereine, insbesondere die Ingenieurvereine, und die grossen industriellen Unternehmungen, die sich auf den mathematisch-technischen Wissenschaften aufbauen, gerne bereit sein, zu dem Gelingen des Werkes das ihrige beizutragen. Handelt es sich doch um die Werke eines Mannes, der nicht nur auf dem Gebiete der reinen Mathematik, sondern auch ihrer vielgestaltigen technischen Anwendungen zu den grössten aller Zeiten zu zählen ist!

Wir sind überzeugt, dass unser Aufruf bei allen Mathematikern dem Interesse begegne, das eine Gesamtausgabe der Werke Eulers beanspruchen darf. Nach all' den Vorbereitungen, die jetzt getroffen sind, bedarf es für den Einzelnen, ja sogar für die einzelnen Korporationen, nur noch einer verhältnismässig geringen Anstrengung — und die Eulerausgabe ist gesichert!

Basel und Zürich, April 1909.

Im Namen des Zentralkomitees
der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft:
Der Präsident: Dr. Fritz Sarasin.

Im Namen der Eulerkommission
der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft:
Der Präsident: Prof. Dr. Ferdinand Rudio.

---

Am 6. Sept. fand nun also in Lausanne die entscheidende Sitzung statt. Das Zentralkomitee hatte hierfür folgende Anträge vorbereitet:

„Die Schweizerische Naturforschende Gesellschaft hat sich an ihrer letzten Jahresversammlung in Glarus bereit erklärt, eine Gesamtausgabe der Werke Leonhard Eulers ins Leben zu rufen, unter der Voraussetzung, dass dieses Unternehmen durch die Behörden, sowie durch in- und ausländische gelehrte Körperschaften und Freunde der Wissenschaft ausreichend unterstützt werde und dass die zur Durchführung erforderlichen wissenschaftlichen Kräfte ihre Mitwirkung zur Verfügung stellen. Sie hat ferner die Eulerkommission, in Verbindung mit dem Zentralkomitee, mit der Durchführung der Vorarbeiten betraut und sich nach Beendigung derselben einen abermaligen Beschluss vorbehalten.

Diese Vorarbeiten sind nun, wie Sie aus dem Ihnen gedruckt vorliegenden Berichte der Eulerkommission ersehen mögen, abgeschlossen, und alle Fragen, welche das Zentralkomitee ihr zur Prüfung anheim gegeben hatte, finden sich darin in vortrefflicher Weise beantwortet. Wir heben die folgenden, uns besonders wichtig erscheinenden Punkte hervor.

1. Nach sorgfältiger Prüfung durch eine Spezialkommission ist die Beibehaltung der Originalsprache Eulers als einzig mögliche Lösung erkannt worden.

2. Der gewaltige Stoff wird nach Materien angeordnet, und dank der Arbeit des Herrn Prof. Stäckel liegt bereits eine vollständige Inhaltsübersicht der sämtlichen 43 Bände bis in alle Einzelheiten vor. Anmerkungen sollen auf das notwendigste beschränkt werden.

3. Die Bearbeitung der Bände wird unter verschiedene Gelehrte verteilt werden, und bereits haben sich über zwanzig Gelehrte zur Übernahme bestimmter Bände und Bandreihen anerboten. Ein Redaktionskomitee von nicht mehr als drei Mitgliedern soll die Arbeit leiten, ihr Vorsitzender ist der eigentliche verantwortliche Redaktor.

4. Der Gesamtumfang der Ausgabe ist auf 2652 Bogen à 8 Quartseiten berechnet, die Gesamtkosten auf 450,000 Fr. Dank der ausserordentlich energischen Tätigkeit des Präsidenten der Eulerkommission, Herrn Prof. F. Rudio, und der Aufopferung der kantonalen Eulerkommissionen stehen diesen heute, am 5. September, an Einnahmen genau 450,000 Fr. gegenüber, obschon wir noch lange nicht am Abschluss der Sammlung stehen und auch die Bundesbehörden noch nicht um einen Beitrag ersucht worden sind. Diese Summe setzt sich zusammen aus 274 Subskriptionen auf die Gesamtausgabe, die einen Wert von 295,000 Fr. repräsentieren, aus 93,500 Fr. freiwilliger Geldbeiträge aus der Schweiz und 31,500 Fr. aus dem Ausland. Hiezu kommt noch ein Zinsgenuss, der im Bericht der Eulerkommission auf 30,000 Fr. veranschlagt wird, womit die Summe von 450,000 Fr. erreicht ist. Die finanzielle Sicherung des Unternehmens ist daher vollständig gewährleistet.

Angesichts dieser in der Geschichte der Wissenschaft einzig dastehenden Beteiligung der ganzen Welt an der Herausgabe der Werke eines längst verstorbenen Gelehrten, stellt Ihnen das Zentralkomitee den folgenden Antrag:

*„Die Schweizerische Naturforschende Gesellschaft beschliesst die Herausgabe der gesamten Werke Leonhard Eulers in der Originalsprache, überzeugt, damit der ganzen wissenschaftlichen Welt einen Dienst zu erweisen, und mit dem Ausdruck tiefgefühlten Dankes an alle Förderer des Unternehmens im In- und*

*Auslande, an die Eulerkommission und insbesondere an ihren Vorsitzenden, Herrn Ferdinand Rudio, für seine aufopfernde Hingabe zur Verwirklichung des grossen Werkes.*"

An die Herausgabe der Eulerschen Werke knüpfen sich nun noch einige weitere Vorschläge. Die bisherige Eulerkommission war bloss eine Subkommission der Denkschriftenkommission gewesen und von dieser gewählt worden; sie ist jetzt von unserer Gesellschaft als eine selbständige Kommission zu wählen:

*a)* Die Schweizerische Naturforschende Gesellschaft bestellt für die Herausgabe der Werke Leonhard Eulers eine Eulerkommission, bestehend aus den Herren:

Prof. Ferd. Rudio, Zürich.
„ H. Amstein, Lausanne.
„ Ch. Cailler, Genève.
„ R. Fueter, Basel.
„ R. Gautier, Genève.
„ J. H. Graf, Bern.
„ Chr. Moser, Bern.
„ K. Von der Mühll, Basel.

Diese Kommission konstituiert sich selbständig. Da in letzter Stunde Herr Prof. Geiser aus Gesundheitsrücksichten seinen Austritt aus der Eulerkommission erklärt hat und für einen Ersatz noch nicht hat gesorgt werden können, so wird die Eulerkommission ermächtigt, eine Ersatzwahl zu treffen, welche an der nächsten Jahresversammlung zu ratifizieren sein wird.

*b)* Die Schweizerische Naturforschende Gesellschaft beauftragt die Eulerkommission, in Verbindung mit dem Zentralkomitee, mit der Bestellung eines Redaktionskomitees, sowie eines Finanzausschusses für die Verwaltung des Eulerfonds, ferner mit der Ausarbeitung der nötigen Reglemente, betreffend die Abgrenzung der Kompetenzen zwischen Zentralkomitee, Eulerkommission und Redaktionskomitee, und die Verwaltung des Eulerfonds."

Der Vorsitzende legte zunächst der Versammlung den Hauptantrag vor: „Die Schweizerische Naturforschende Gesellschaft beschliesst die Herausgabe der gesamten Werke Leonhard Eulers usw."

Es war ein weihevoller Moment, der allen Anwesenden unvergesslich bleiben wird. Mit Einstimmigkeit und mit Begeisterung wurde der Antrag zum Beschluss erhoben. Die Schweizerische Naturforschende Gesellschaft hat sich damit zugleich selbst ein Denkmal gesetzt. —

In Würdigung ihrer grossen Verdienste um die Vorarbeiten zur Eulerausgabe wurden sodann die Herren Gustaf Eneström in Stockholm und Geheimrat Prof. Dr. Paul Stäckel in Karlsruhe zu Ehrenmitgliedern der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft ernannt.

Zur Ausführung der weiteren Beschlüsse der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft trat die Eulerkommission am 19. Dezember in Bern zu ihrer 6. Sitzung zusammen.

Es handelte sich darum, alle Organisationen derart zu wählen, dass die Eulerausgabe nunmehr in Angriff genommen werden könne.

Zunächst wurden die Reglemente festgelegt für die Eulerkommission (die ja bisher eine Subkommission der Denkschriftenkommission gewesen war), für das Redaktionskomitee und für den Finanzausschuss. Daran schlossen sich die Wahlen. Zum Präsidenten der Eulerkommission wurde Herr Prof. Dr. K. Von der Mühll gewählt, da die Präsidentschaften der Eulerkommission und des Redaktionskomitees zu trennen waren. Das Aktuariat der Eulerkommission wurde Herrn Prof. Dr. R. Fueter übertragen. An Stelle von Herrn Prof. Dr. C. F. Geiser wurde Herr Prof. Dr. H. Ganter in die Eulerkommission gewählt.

Zum Vorsitzenden des dreigliedrigen Redaktionskomitees und verantwortlichen Generalredaktor wurde Prof. Dr. F. Rudio gewählt, als weitere Redakteure die Herren Prof. Dr. A. Krazer und Prof. Dr. P. Stäckel, beides Professoren an der technischen Hochschule Karlsruhe.

Endlich wurde der Finanzausschuss aus dem Vorsitzenden der Eulerkommission, aus Herrn Ed. His-Schlumberger, der sich freundlichst bereit erklärt hatte, das Amt des Schatzmeisters zu übernehmen, und aus Herrn Dr. P. Chappuis bestellt.

Druck und Verlag wurde der Firma B. G. Teubner in Leipzig übertragen.

In den Weihnachtsferien versammelte sich das Redaktionskomitee in Karlsruhe zur Beratung des Redaktionsplanes und zur Festsetzung der erforderlichen Reglemente. Wir freuen uns, jetzt schon mitteilen zu können, dass die 43 Bände der Eulerausgabe gut untergebracht sind. Den ersten Band, die Algebra, hat Herr Heinrich Weber in Strassburg freundlichst übernommen. Der Band wird voraussichtlich noch im Jahre 1910 erscheinen. Dank der Aufnahme, die das Unternehmen in der ganzen wissenschaftlichen Welt gefunden hat, hofft die Redaktion, das Werk in etwa 12 Jahren zu Ende führen zu können.

Auch in finanzieller Hinsicht dürfen die Aussichten als günstig bezeichnet werden. Mit Schluss des Jahres ist die Zahl der Subskriptionen auf 302 gestiegen, während die freiwilligen Beiträge auf rund 136,000 Fr. angewachsen sind. Der Zuwachs ist namentlich einem Beitrag von 5000 Fr. zu verdanken, den die American Mathematical Society für die Eulerausgabe bewilligt hat.

*Freilich muss trotz dieser erfreulichen Ergebnisse darauf hingewiesen werden, dass doch erst das* ***Minimum*** *des Erforderlichen gedeckt ist und dass daher* ***weitere*** *Unterstützungen durch Subskriptionen und freiwillige Beiträge noch* ***sehr*** *erwünscht sind.* So stützen sich z. B. die Berechnungen der Ausgaben auf eine Auflage von nur 400 Exemplaren, während es doch sehr zu beklagen wäre, wenn die Auflage nicht beträchtlich höher bemessen werden könnte.

---

## 27. „Naturschutz" in der Schweiz und anderswo.

Es wurde vor drei Jahren an dieser Stelle die Gründung der „Kommission für Erhaltung von Naturdenkmälern und prähistorischen Stätten" besprochen, ihr Programm auseinandergesetzt und auf analoge Bestrebungen im Ausland hingewiesen.

Heute sind wir in der Lage, über die im Laufe von 3 Jahren erzielten schönen Erfolge hinzuweisen, die vor kurzem durch die Schaffung des ersten schweizerischen Nationalparkes gekrönt wurden. Es möge in folgendem kurz über das bisher Erreichte berichtet werden. [1])

### I.

Zunächst wurde der Pflanzenschutz an Hand genommen. Es wurde an alle Kantonsregierungen ein Entwurf einer Pflanzenschutzverordnung gesandt; bisher haben folgende Kantone eine bezügliche Verordnung erlassen: Aargau, Appenzell A.-Rh., Glarus, Luzern, Solothurn, St. Gallen, Uri, Wallis, Zürich, Zug und ganz neuerdings auch Graubünden, durch einen höchst erfreulichen Volksentscheid; in einer Reihe anderer Kantone ist die Sache in Vorbereitung. „So rückt der Gedanke näher, dass es der Schweiz gelingen möchte, die gesamte autochthone Pflanzendecke des von ihr eingenommenen Teiles des europäischen Alpenzuges und des Jura unter gesetzlichen Schutz gestellt und damit den grossen Nachbarstaaten die Anregung ge-

[1]) Vergl. daneben die ausführlichen Berichte der schweizerischen Naturschutzkommission, erstattet von ihrem Präsidenten Dr. Paul Sarasin, in den „Verhandlungen der schweizerischen naturforschenden Gesellschaft" (Freiburg 1907, Glarus 1908, Lausanne 1909). Diese Berichte enthalten jeweilen auch die Mitteilungen der sämtlichen kantonalen Kommissionen.

geben zu haben, das begonnene Werk in gleicher Weise auch in ihren Gebieten fortzusetzen und, zum Ganzen zusammenschliessend, zu vollenden" (P. Sarasin).

Alle diese Verordnungen (deren Fassungen in extenso im letzten Jahresbericht wiedergegeben sind) verbieten das Ausgraben, Feilbieten und Versenden wildwachsender Pflanzen in grösserer Menge, auch das massenweise Pflücken, gestatten aber das Pflücken kleinerer Sträusse und das Sammeln weniger Exemplare für Herbarien. So ist dafür gesorgt, dass nicht durch eine Übertreibung des Schutzes und durch vexatorische Massregeln dem Wanderer die Freude an der Blumenwelt verdorben wird. Meist werden dann noch einige besonders gefährdete Arten namhaft gemacht: Alpenrosen (doch meist mit der sehr berechtigten Einschränkung, dass sie dort nicht geschützt wird, wo sie die Weide schädigt), Alpennelken, *Cyclamen*, Edelweiss[1]), Enzianen, Orchideen, Mannsschildarten *(Androsace)*, Narzissen, Alpenprimeln. Und überall wird den Behörden zur Pflicht gemacht, noch weiter zu gehen und schöne Bäume, interessante Vegetationen, deren Fortbestand gefährdet ist, zu schützen. Überall ist auch die Möglichkeit gewahrt, für besondere Zwecke (wissenschaftliche Untersuchungen, arzneiliche Verwendung etc.) Ausnahmen zu gestatten.

Eine Hauptaufgabe ist es nun, und zwar keine ganz leichte, diesen Verordnungen nun auch wirklich Nachachtung zu verschaffen. Geschädigt wird namentlich die Alpenflora durch vier Kategorien von Pflanzenverwüstern: Schul- und Vereinsreisen, einheimische Händler, centuriensammelnde Botaniker und Touristen. Als wirksamstes Mittel wird da mit Recht der Einfluss auf die Jugend durch die Lehrer und durch Flugblätter gepriesen. Dann soll auf den Handel ein aufmerksames Auge geworfen werden, wobei auch die Post mitwirken kann, indem sie einfach die Annahme von grösseren Sendungen ausgegrabener Pflanzen verweigert. Es soll ferner für ausgiebige Bekanntmachung der Pflanzenschutzverordnungen gesorgt werden, durch Anschlag in Wirtschaften und Hotels, und durch Aufnahme in Reisehandbücher, Taschenfloren, Klubführer etc.

Durch alle diese Mittel wird es schliesslich erreicht werden, das öffentliche Gewissen so zu schärfen, dass jeder an seinem Ort sich verpflichtet fühlt, die Pflanzenwelt zu schützen. Dann wird auch der leider noch vielfach herrschende Gebrauch unserer Blumenhändler hoffentlich verschwinden, Riesenkränze aus seltenen wildwachsenden

[1]) Hier sollte auch beim „Pflücken kleinerer Sträusse" sehr vorsichtig verfahren und die Blüten mit der Schere abgeschnitten werden, weil man sonst leicht den ganzen Stock ausreisst!

Pflanzen auszustellen (Orchideen, Seerosen, Küchenschelle). Namentlich die Orchideen sind dadurch schwer bedroht.

Dass auch die Industrie in speziellen Fällen die Existenz seltener Arten bedrohen kann, geht aus folgendem Fall hervor: Eine chemische Fabrik im Kanton Waadt liess Sonnentau und Fettkraut *(Drosera* und *Pinguicula)* in grossen Massen sammeln, um daraus ein Heilmittel darzustellen. Diese relativ seltenen Pflanzen, die den schönsten Schmuck unserer Torfmoore bilden und so wie so durch Drainierung derselben gefährdet erscheinen, wurden durch diese Campagne ernstlich bedroht. Auf die Vorstellungen des Präsidenten der waadtländischen Naturschutzkommission hin verpflichtete sich der Leiter der Fabrik, das Sammeln dieser Pflanzen in der Schweiz aufzugeben.

## II.

Eine der dankbarsten und wirkungsvollsten Aufgaben des Naturschutzes besteht in der Schaffung von „Reservationen" (oder: Pflanzen- und Tierasylen, Nationalparken, Naturschutzparken, Banngebieten, Schutzgebieten etc.). Das sind kleinere oder grössere Gebiete, welche in Zukunft völlig unberührt bleiben sollen, um den verändernden Einfluss des Menschen auszuschalten und den unberührten Naturzustand für alle Zeiten zu erhalten. Sehen wir zunächst, was anderswo in dieser Richtung geschehen ist.

Die Amerikaner sind in dieser Hinsicht uns längst vorangegangen. Sie besitzen seit 1832 zahlreiche Reservationen. Immerhin muss man bei diesen amerikanischen Schutzgebieten wohl unterscheiden zwischen „Forest reserves" oder „National-Waldungen" und „National Parcs". Die ersteren sind umfassende Waldgebiete, in denen einfach von Staatswegen ein regelrechter Forstbetrieb eingeführt ist, um der Waldverwüstung durch Raubwirtschaft ein Ende zu machen; sie tragen im ganzen den Charakter von Schutzwaldungen. Die Nationalparke dagegen sind Gebiete, die als Naturdenkmäler in ihrer Ursprünglichkeit erhalten bleiben sollen, immerhin mit dem ausgesprochenen Zweck, dem Publikum als Erholungsgebiet zu dienen. Es sind bis jetzt 10 solcher Nationalparke in den Vereinigten Staaten geschaffen: der älteste ist die „Hot spring reservation" in Arkansas (1832), wo 49 heisse Quellen einen Thermalwasserguss von 4,5 Millionen Liter täglich ergeben, und nun eine förmliche Badestadt besteht, deren Territorium dem Staat gehört.

Dann kamen die drei Gebiete auf der Sierra Nevada in Kalifornien dazu, auf denen die berühmten Mammutbäume (Sequoia gigantea) wachsen, der Yosemite-, Sequoia- und General Grant-National-Park; dann 1872 der Yellowstone-Park, eine Fläche von

532,000 Hektaren, mit Nadelwald, reichem Wildstand und zahlreichen Geysern. Später kamen noch der Crater-Lake in Oregon, der Mount Raimer in Washington, die Wind Cave in Süd-Dacota, die Mesa-Verde in Colorado und der Petrified Forest in Arizona.

In Deutschland ist die Sache des Naturschutzes dank der unermüdlichen Tätigkeit seines Hauptförderers, des Herrn Professors Conwentz, sehr weit gediehen. In Preussen besteht seit 1906 eine „Staatliche Stelle für Naturdenkmalpflege"; staatlicher Kommissar ist der eben genannte Professor Conwentz, der einen ständigen wissenschaftlichen Hilfsarbeiter zur Seite hat. Der Kommissar hat die ganze Bewegung zu leiten, Anregungen zu geben, Gutachten zu verfassen, Vorträge zu halten, Publikationen herauszugeben [1]) und mit der über das ganze Land sich erstreckenden Organisation von Provinzialkomitees, Bezirkskomitees etc. in ständiger Fühlung zu bleiben.

Von den verschiedenen preussischen Ministerien wurden alle in der Sache interessierten ihnen unterstellten Institute und Organisationen (Hochschulen, Lehrerkonferenzen, landwirtschaftliche Schulen, Forstakademien, Forstbeamte, Forsteinrichtungsbureaus, Meliorationsbauämter, Moor-Kommissionen, Deichämter, Ansiedelungs-Kommissionen, Landwirtschaftskammern, Domänenverwaltung, Intendanturen, Topographische Bureaus, Schulkollegien, geistliche Konsistorien etc.) verpflichtet, der Naturdenkmalpflege kräftige Förderung angedeihen zu lassen; als Instruktion dazu wurde die oben erwähnte Denkschrift von Conwentz beigegeben, sowie kurzgefasste „Grundsätze über Naturdenkmalpflege". Den lokalen Komitees werden die offiziellen topographisch-geologischen und Forstkarten ihres Gebietes zu halbem Preis oder gratis zur Verfügung gestellt. Sieben dieser Komitees veröffentlichen eigene periodische „Mitteilungen". Von den lokalen Komitees wurden Fragebogen versandt; schon liegen eine grosse Anzahl gedruckter Verzeichnisse von Naturdenkmälern kleinerer Gebiete vor. Auch „Forstbotanische Merkbücher" und ähnliche illustrierte Publikationen über bemerkenswerte Bäume existieren aus Deutschland schon in beträchtlicher Zahl.

---

[1]) Die „Beiträge zur Naturdenkmalpflege", herausgegeben von H. Conwentz, Heft 1—3, 1907—1909, Berlin, bei Gebr. Borntträger, enthaltend die jeweiligen Jahresberichte des staatlichen Kommissars, geben eine sehr gute Übersicht über die Fortschritte des Naturschutzes in Deutschland. Eine grössere Denkschrift von Conwentz „Die Gefährdung der Naturdenkmäler und Vorschläge zu ihrer Erhaltung", 3. Auflage, Berlin 1905, enthält die Grundsätze der Naturdenkmalpflege in knapper Form. Auch machen wir hier auf das treffliche Buch von Dr. Konrad Guenther in Freiburg i. B. „Der Naturschutz", Freiburg i. B., 1910 nachdrücklich aufmerksam.

Die praktischen Erfolge sind sehr bedeutend. Zahlreiche Einzelobjekte (erratische Blöcke, Bäume, Felswände, Höhlen) sind geschützt; viele Vegetationskomplexe (Moore, Heidestrecken, Waldparzellen, Dünen) sind durch die besitzenden Gemeinden, Korporationen oder Vereine für alle Zeiten als unantastbar erklärt. Die grössten preussischen Reservate sind, nach freundlicher schriftlicher Mitteilung von Professor Conwentz, folgende: Ein urwüchsiger alter Eichenwald in der Oberförsterei Scelzerturn in Hannover misst 4,5 Hektaren. Der Ziesbusch, ein Mischwald mit Eiben in der Tucheler Heide umfasst 18,5 Hektaren; das Reservat Hombressen im Regierungsbezirk Kassel 70 Hektaren und das Plagefenn, ein interessantes Moor bei Eberswalde 157 Hektaren. Ferner wurden Vogelschutzgehölze, Vogelfreistätten und Vogelschutzkolonien in Menge geschaffen und einzelne gefährdete Arten (Stranddistel, Zwergbirke, Möwe, *Erica cinerea)* durch besondere Verordnungen geschützt.

Die Skandinavier mit ihrem ausgeprägten Sinn für Natur und deren Studium blieben nicht zurück: In Schweden hatte schon 1870 Nordenskiöld den Vorschlag gemacht, im nördlichen Teil des Landes einige Gebiete für alle Zeiten intakt zu erklären; doch der Boden war damals noch nicht vorbereitet und er fand kein Gehör. 1904 wurde die Motion Starbäck im Reichstag gutgeheissen, welche den Schutz der Naturdenkmäler verlangte, und in diesem Jahr wurden die in meinem ersten Bericht (1906) erwähnten Vorschläge der vom Reichstag gewählten Kommission gutgeheissen, so dass Schweden nun eine ganze Anzahl grosser „Naturparke" besitzt, die in ihrer Gesamtheit ein vollständiges Bild von Schwedens ursprünglicher Natur geben. (15 Quadratmeilen beim Wasserfall „Stora sjöfalles" in Lulea Lappmark, 4620 Hektaren bei Tornea, 7000 Hektaren Urwald in Suorsa, 200 Hektaren Laubwald bei Peljekaisse, in Hejerdalen 1900 Hektaren Gebirgswald, 20 Hektaren einer herrlichen Baum-, Busch- und Wiesenvegetation auf den Kalkbergen der Provinz Örebro und eine interessante „Sandinsel".)

In Norwegen, wo schon 1862 Schübeler eine grosse Zahl interessanter Bäume beschrieb und abbildete, aber ohne ihren Schutz erlangen zu können, ist man erst dieses Jahr (1909), auf Anregung des Botanikers Wille im Schosse der norwegischen geographischen Gesellschaft zur Schaffung einer Naturschutz-Kommission geschritten, welche dem Storthing einen Gesetzesvorschlag vorzulegen gedenkt.

In Dänemark wurde im Jahr 1905 ein Naturschutz-Komitee („Udvalg for Naturfredning") gebildet, das raschen Erfolg hatte: Der Staat hat grosse Strecken von Heiden- und Dünenlandschaften angekauft, eines der interessantesten dänischen Torfmoore und ein

190 Hektaren grosses Flugsandfeld („Raaberg Mile"), als Reservationen bestimmt; ausserdem sind eine Reihe seltener Pflanzen-Standorte geschützt worden.

Es würde zu weit führen, auch noch die andern europäischen Staaten zu erwähnen; das Vorstehende mag genügen, um zu zeigen, dass wir in der Schweiz uns anstrengen müssen, um mit andern Nationen in der Naturschutzfrage Schritt zu halten. [1])

Auch weit über Europa hinaus hat schon die Naturschutzbewegung eingegriffen: So hat die Regierung von Neuseeland, wo bekanntlich die einheimische Flora und Fauna durch Eindringlinge besonders stark bedroht ist, eine Reihe von „Sanctuaries" geschaffen und noch vor kurzem die Heward-Insel als Schutzgebiet erklärt; weitere Gebiete sind in Aussicht genommen. In Java haben einige einsichtige Plantagenbesitzer einen ca. 7000 Hektaren grossen Waldkomplex (Tji Kepoeh, in der Nähe der Wijnkoopsbay) angekauft, um ihn für alle Zeiten mit seinem Pflanzen- und Tierbestand (besonders Banteng und Rhinoceros) zu retten.

## III.

Was ist seit 1906 in der Frage der Reservationen in der Schweiz geschehen?

Die erste Anregung ging von den Förstern aus: Die Herren Forstinspektoren Rob. Glutz und Henry Badoux richteten an den schweizerischen Forstverein am 8. Mai 1906 eine „Motion betreffend Schaffung von Urwald-Reservationen". Im November desselben Jahres lenkte der Verfasser die Aufmerksamkeit der Naturschutzkommission auf die Frage der Reservationen im weitern Sinne und machte gleichzeitig auf das Scarltal und Ofengebiet aufmerksam. Bei der Jahresversammlung der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft in Freiburg wurde dann beschlossen, auf Grund der Gutachten der Herren Dr. Christ und R. Glutz die Frage der Reservationen weiter zu verfolgen und eine Enquête bei den kantonalen Kommissionen zu veranstalten über die zu Reservationen geeigneten Gebiete. Unterdessen hatte der h. Bundesrat, einer Anregung der „Société de Physique et d'Histoire naturelle" von Genf Folge leistend, an den „Heimatschutz" und die Naturschutzkommission der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft die Aufforderung gerichtet, die Frage der Reservationen zu studieren und darüber an den Bundesrat Bericht zu erstatten.

[1]) Nur eines möge noch erwähnt werden: einer Anregung des internationalen Botaniker-Kongresses in Wien 1905, und der österreichischen zoologisch-botanischen Gesellschaft Folge leistend, hat die österreichische Regierung 1910 in Bosnien ein grosses Gebiet im Klekovaça-Gebirge (1748 Hektaren, davon 250 über der Waldgrenze) mit reichen Waldungen reserviert.

Es beschäftigen sich also jetzt drei Korporationen mit dieser Frage: Die Liga für Heimatschutz, der Forstverein und die Naturschutzkommission. Die Heimatschützler sammeln Materialien insbesondere zum Schutz der Kunst- und Altertumsdenkmäler; der Forstverein hat auf Anregung der Herren Glutz und Badoux die Schaffung von Waldreservationen an die Hand genommen; er hat 2000 Fr. dafür ausgesetzt und ein besonderes Komitee dafür ernannt, das die zahlreich eingelaufenen Vorschläge für Waldreservationen auf ihre Berechtigung und Realisierbarkeit prüft. Der Forstverein arbeitet Hand in Hand mit der Naturschutzkommission; diese hat eine eigene Reservationen-Subkommission gebildet, in welche der Forstverein einen Vertreter sendet.

Die Naturschutzkommission hat zunächst von allen ihren kantonalen Subkommissionen Vorschläge für „Reservationen" gesammelt; die wichtigsten mögen hier folgen:

Aargau schlägt vor, die Aare-Inseln und die Schachen längs der Aare zu schützen; ferner das Rohrdorfer Moor um das Nordende des Hallwiler-Sees. Beide Basel möchten die Reinacherheide, die Buchsregion bei Liestal, und den Belchenfelsen mit der *Primula Auricula* schützen; die Rheinhalde von der Verbindungsbrücke bis zur Landesgrenze, Eigentum der Stadt Basel, ist durch das freundliche Entgegenkommen der Basler Regierung seither als Schutzgebiet erklärt worden. Die Berner Kommission ist kühn: sie bezeichnet das ganze Finsteraarhornmassiv als ein geeignetes Schutzgebiet, ferner die Unteraaralp und den Spitalboden, die Scheibe im Justistal, den Stock des Grosslohner bei Adelboden, das Napfgebiet, das Moor von Schwarzenegg und am Burgäschisee, ein Stück Felsenheide am Westende des Bielersees und die Schlucht von Boltigen im Simmental.

Luzern ist damit beschäftigt, ein interessantes Hochmoor im Eigental am Pilatus zu retten; ferner schlägt die Kommission das Wauwilermoor vor, besonders als Vogelasyl; leider scheiterte dieses Projekt am Widerstand der Patentjäger. Dagegen scheint das Eyfluh-Waldgebiet am Nordfuss des Napf sehr geeignet.

In Neuenburg sollte der Creux-du-Van, der Nordabhang des Montagne de Boudry, die Combe Biosse und das Bassin des Doubs geschützt werden; ferner werden die Hochmoore von La Brévine, Pouillerel und Lignières erwähnt; es wäre in der Tat dringend zu wünschen, dass von der so höchst interessanten Hochmoorregion unseres Jura einige Partien erhalten bleiben könnten!

Die Schaffhauser empfehlen die Teufelskirche im Beringertal, die Solothurner die Ravellenfluh, die St. Galler die Neuenalp am Gamserruck, das Hochmoor Aelpli ebenda und zwei kleinere

Waldkomplexe oberhalb Amden. Im Tessin sollten die reichen Hänge am Monte Bré zwischen Gandria und Castagnola geschützt werden; in Uri die Halde von Beroldingen und Seelisberg mit *Hypericum Coris;* im Waadtland die Sumpfflora von Yverdon, das Hochmoor de la Vraconne bei Ste-Croix, der Urwald des Mont Risoux und die Dôle. Im Wallis werden namhaft gemacht: die Alpen von Fully, Mauvoisin und das hintere Bagnetal, die Felsenheide von Tourbillon und Valère, die Asphodeluswiese ob Lens, Les Platrières

Fig. 1. **Die Ofenbergwiese beim Hospiz zum Ofenberg.**
Im Hintergrund der noch beschneite rechtseitige Cluoza-Grat.
Aufnahme von Hans Schellenberg, Zürich.

bei Siders, Stellen des Pfynwaldes bei Siders, der Bergföhrenwald bei Grächen, die Täschalp im hintern Nikolaital, das Plateau des Schwarsees bei Zermatt, der Aletschwald am untern Ende des Aletschgletschers, der Fieschwald, der Naturpark von Oberwald bei Gletsch und endlich das Matterhorn. Im Kanton Zürich nennt die Kommission als erhaltungswert: Die Kiefernbestände auf den Drumlins bei Trüllikon, die Bestände der aufrechten Bergföhre auf dem Albiskamm zwischen Baldern und Felsenegg, das Hagenmoos bei Kappel, das Hinwiler Ried und das Torfried westlich vom Nordende des Pfäffikersees.

Am weitesten gediehen und bis zu einem vorläufigen Abschluss geführt ist die Sache im Kt. Graubünden.

Hier wurde von Anfang an von der schweizerischen Naturschutzkommission die besonders vielversprechende Gegend des *Ofengebietes* im Unterengadin, in der Südostecke unseres Landes ins Auge gefasst.[1])

Dieses Gebiet, soweit es für unsere Zwecke in Betracht kommt, umfasst das Einzugsgebiet der sämtlichen rechtsseitigen Zuflüsse des Inn von Scanfs bis Schuls, vor allem dasjenige des Ofenbachs und der Clemgia (Scarltal).

Als Naturpark, als Reservation für alpine Natur ist diese Gegend trotz ihrer exzentrischen Lage an der Südostgrenze unseres Landes aus folgenden Gründen besonders geeignet:

1. Das Gebiet gehört zur Massenerhebung der Engadiner Alpen, hat deshalb sehr hochgelegene Grenzen (Schneegrenze nach Jegerlehner in den „Spölalpen" 3000 m, Waldgrenze nach Imhof 2190 m im Ofenpasstal, 2230 m im Scarltal).

2. Landschaftlich ist es ausgezeichnet durch die zerrissenen Formen der Dolomitberge, die ihm einen ausgesprochenen ostalpinen Stempel aufdrücken. An Wildheit und Unberührtheit, an Einsamkeit und Abgeschlossenheit wird es kaum von einem andern Gebiet unserer Alpen erreicht.

3. Die Bewaldung ist eine reiche und wohlerhaltene, kaum durch Anpflanzung getrübt. Wohl waren die Waldungen in früherer Zeit durch eine schonungslose Raubwirtschaft verwüstet worden, namentlich so lang die Bergwerke im Scarltal und am Ofenpass (der ja davon seinen Namen hat!) noch im Betrieb waren. Ausserdem wurden die Wälder auch von den Tirolern dezimiert, welche hier Holz für die Salzpfannen in Hall kauften. So wurde 1836 der alte Wald des ganzen Abhanges „Las Crastatschas" nördlich der Ofenstrasse, oberhalb Punt Praspöl, einer Tiroler Gesellschaft verkauft, nachdem die Zernezer umsonst versucht hatten, denselben zu verbrennen, um Viehweide zu gewinnen (Brunies). 1837 verkaufte die Gemeinde Schuls die Waldung zwischen der Alp Tablasot und Plazèr an einen Tiroler um 7 Kreuzer das Klafter zum kahlen Abtrieb (Coaz).

---

[1]) Es existiert von dieser Gegend eine schöne pflanzengeographische Monographie: „Die Flora des Ofengebietes, ein floristischer und pflanzengeographischer Beitrag zur Erforschung Graubündens", von Dr. St. Brunies. Jahresbericht der Naturforschenden Gesellschaft Graubündens, Neue Folge, Band 48, Chur 1906 (in Kommission bei L. Hitz), mit einer forst-botanischen Karte des Ofengebietes und 4 Tafeln.

Über das Scarltal vergleiche: Ein Besuch im Val Scarl von Coaz und Schröter, mit einem pilzkundlichen Anhang von H. C. Schellenberg. Bern 1905 (Stämpfli.) — 4°, mit 14 Tafeln in Lichtdruck und einer Wald- und Lawinen-Karte des Scarltales in 1 : 50 000.

Auch Waldbrände scheinen arg gehaust zu haben. So brannte 1822 die Waldung Ravitschona samt dem Wald am rechtsseitigen Eingang vom Val Foraz gänzlich nieder.

Seither haben sich aber alle diese Waldungen durch natürlichen Nachwuchs wieder ergänzt und der Gegend wieder einen zusammenhängenden Waldschmuck verliehen. Insbesondere sind die ausgedehnten, ca. 5000 Hektaren umfassenden Bestände der aufrechten Bergföhre (die grössten der Schweiz), von ganz besonderem Interesse (Fig. 1). Aber auch herrliche reine Arvenwälder (Fig. 2 und 3), ferner schöne Mischbestände der Fichte und Lärche und der eigenartigen Engadiner Waldföhre (*Pinus silvestris* L. var. *engadinensis* Heer), ausgedehnte Legföhrenreviere in reicher Mischung der sämtlichen Zapfenvarietäten, sowie Wachholdergebiete kommen vor, so dass wir hier die Bewaldung unserer Koniferenzone in all ihren Formen auf engem Raum beieinander haben. Ausser der Eibe und dem Sevi-Wachholder kommen hier alle schweizerischen Koniferen vor.

Fig. 2. **Im Arvenwalde Tamangur im Scarltal.**
Aufnahme von Dr. Bohny, Basel.

4. Die Flora und Fauna ist eine sehr reiche: dazu trägt die Mannigfaltigkeit der Unterlage bei: Gneis, Granit, Hornblendeschiefer, Amphibolit, Glimmerschiefer, Verrucano, Triasdolomite, Gips, rhätische und Liaskalke und -Mergel und Malmkalke, also kalkarme und kalkreiche Gesteine in reicher Mischung bilden das geologische Gerippe. Dann ist die Tatsache wichtig, dass unser Gebiet an der Grenze zwischen Zentralalpen und Ostalpen liegt und eine Reihe östlicher und westlicher Artenareale hier übereinandergreifen.

Ostalpine Arten unseres Gebietes sind: *Pinus montana* var. *mughus*, *Nigritella rubra*, *Papaver rhaeticum*, *Primula integrifolia* und *glutinosa*, *Valeriana supina*, *Seneceo Carniolicus*, *Thalictrum alpinum*, *Callianthemum rutifolium*, *Ranunculus pygmaeus*, *Cortusa Matthioli* (Val. Sesvenna).

Westalpin: *Aquilegia alpina*, *Achillea macrophylla*, *Alectorolophus subalpinus*.

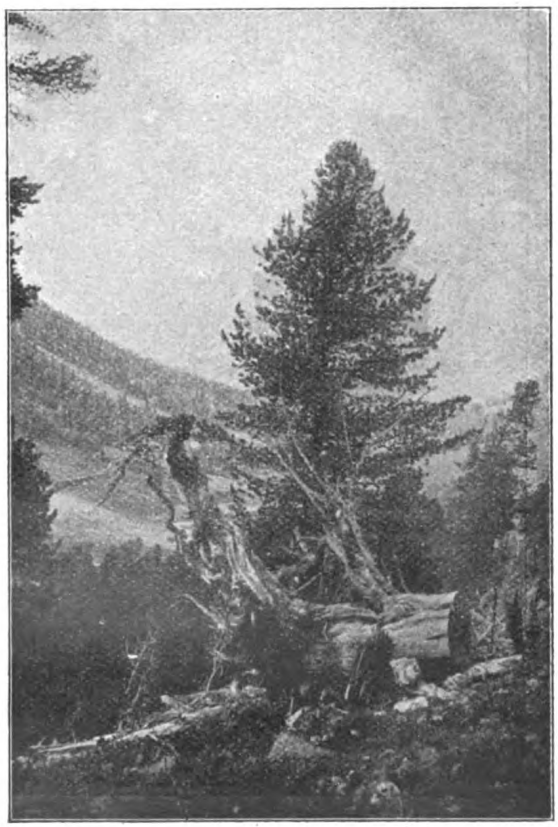


Fig. 3. **Im Arvenwalde Tamangur im Scarltal.**
Aufnahme von Dr. Bohny, Basel.

Südalpine Formen: *Heracleum alpinum* var. *Pollianum*, *Laserpitium marginatum* var. *Gaudini*, *Carduus defloratus* var. *integrifolius*, *Carex baldensis*, *Aethionema saxatile*, *Senecio rupester*.

Brunies führt nicht weniger als 32 Arten und Varietäten auf, die in der Schweiz nur aus dem Ofengebiet bekannt sind. Es sind in den letzten 20 Jahren drei neue Schweizerpflanzen in diesem Gebiet entdeckt worden: *Galium triflorum*, *Carex baldensis* und *Ranunculus pygmaeus*.

5. Auch die Fauna ist reich, der Wildstand ein vorzüglicher. Das Gebiet ist als Gemsenrevier wohlbekannt und es stellt das letzte Zufluchtsgebiet des Bären in der Schweiz dar; auch Auer- und Birkwild kommt reichlich vor.

In diesem Gebiete nun ist es gelungen, den ersten Erfolg zu erringen, den ersten „schweizerischen Nationalpark“ zu schaffen!

Im Laufe des Studiums der Frage gelangte die Reservations-Kommission zu folgendem Programm in Bezug auf die successive Schaffung und Erweiterung der Schutzdistrikte im Ofengebiet:

Vor allem ist zu betonen, dass an eine völlige Festlegung des ganzen Gebietes, an eine Ausschliessung jeglicher Nutzung in demselben nicht gedacht werden kann; dafür sind viel zu umfangreiche, für die Existenz der Bevölkerung notwendige Wald- und

namentlich Weide-Komplexe da. Es kann sich nur um kleinere Totalreservationen (ganze Täler inklusive aller Alpen und Wälder) handeln, die dann durch „hochalpine Teilreservationen", oberhalb der Wälder und wichtigsten Alpen zu verbinden wären.

In diesem Sinne wurde folgendes beschlossen:

Es ist zunächst das Val Cluoza in der Piz Quatervals-Gruppe als Totalreservation zu erwerben. Daran ist dann die linke Talseite des Spöltals von Falcun bis zur Landesgrenze als weitere Totalreservation anzugliedern; dann als „hochalpine Reservationen" der West- und Südabfall des Piz Quatervals-Massivs von den Gipfeln und Gräten bis hinab zur Waldgrenze (also der Täler Raschitsch, Tantermozza, Mela, Torta, Flin, Trupchum und Müschauns). Damit wäre das Dreieck zwischen Spöl, Inn, Trupchum und der Landesgrenze gewonnen, und das erste Hauptgebiet, die Quatervalsgruppe, gesichert.

Fig. 4. **Arven und Legföhren im Val Minger mit Pix Plafna da daint.**
Aufnahme von Dr. Bohny, Basel.

Als zweites Hauptgebiet ist das Scarltal zu bezeichnen, in welchem als „Totalreservation" das prächtige Val Minger zu schützen wäre, mit seinem grossartigen Bergföhren- und Arvenpark, hinter denen der gigantische Piz Plafna da daint drohend emporsteigt (Fig. 4). Als „hochalpine Teilreservation" ist die ganze linke Talseite von der Waldgrenze bis zur Wasserscheide in Aussicht genommen; auf der rechten Talseite käme als Waldreservation das Murtèra-Gebiet mit dem schönen Arvenwald Tamangur dazu.

Und endlich wären für eine spätere Zukunft als Verbindungs-

gebiete zwischen Quatervals und Scarltal die wilden Dolomitgebiete des Val Plafna und der Nordabfall des Nunamassivs einerseits, der Täler Flur, Botsch, Stavelchod und Nüglia anderseits, sowie das Munt Schera und Buffalora-Gebiet südlich der Ofenstrasse ins Auge zu fassen.

Damit wäre dann die „Pénétration pacifique" des Ofengebietes durch den Naturschutz erreicht und die Bedingungen zur ungestörten Erhaltung einer reichen Pflanzen- und Tierwelt gegeben. „Hier ist das geeignete Land gefunden, wo das grossartige Experiment gelingen muss, aus den erhalten gebliebenen Lebewesen eine nur von der Natur geschaffene Lebensgenossenschaft zu begründen; hier sollte alpine Urnatur wieder hergestellt und gleichsam als ein grosses Refugium ungestörten Naturlebens der Zukunft zum Geschenke übermittelt werden." (Paul Sarasin.)

Es ist schon wiederholt auf eine angebliche Gefahr hingewiesen worden, welche solche intakt bleibende Wälder für die Nachbarschaft bieten solle, indem sie zu Brutstätten für Forstschädlinge werden. Dass diese Befürchtung ganz unbegründet ist, zeigen folgende Ausführungen, die ich der kompetenten Feder meines Kollegen Professor Decoppet, Vertreter des Faches des Forstschutzes am eidgenössischen Polytechnikum, verdanke:

„Ich kann Ihre Anfrage betreffend Gefährdung der umliegenden Wälder durch Waldreservationen um so eher beantworten, da ich gerade in letzter Zeit Beobachtungen gemacht habe, die meine frühere Ansicht bestätigen.

Im Herbste 1909 habe ich während einiger Wochen die Waldungen der Provinz Kutais (im Kaukasus) durchquert und über 20 000 Hektaren im Detail besichtigt, welche sozusagen Urwald geblieben sind.

In den oberen Regionen bis zu 2000 m Meerhöhe herrschen die Nadelhölzer vor; sie gehen in Mischung mit Laubhölzern hinab bis zu ca. 1200 m und von hier abwärts findet sich reiner Laubwald, besonders die Buche.

In den Nadelholzwäldern liegen natürlich abgestorbene Bäume am Boden und zwar teilweise in der Rinde; es finden sich scheinbar die günstigsten Bedingungen für die Verbreitung gewisser Insekten, besonders der Borkenkäfer, vor. Trotzdem (allerdings mit seltenen Ausnahmen) habe ich nirgendswo Schaden gesehen und sozusagen keinen stehenden Baum angetroffen, der von Insekten abgetötet worden wäre.

Dennoch ist der eiserne Bestand der Insekten vorhanden, was ich wiederholt beobachten konnte; wir haben aber hier mit Wald

zu tun, in welchem die Holzarten ihren natürlichen Standorts-Bedingungen entsprechend verbreitet sind. (Die Fichte geht nicht tiefer als 1200 m!)

Ausserdem existiert Gleichgewicht zwischen den verschiedenen Bewohnern des Waldes, weil eben die Eingriffe des Menschen dieses Gleichgewicht zu Gunsten Einzelner nicht zu stören vermocht haben.

Ich glaube also, dass die Wald-Reservation in Ausdehnungen, wie sie bei uns in Aussicht genommen ist, in keiner Weise eine Förderung der Verbreitung der Waldschädlinge mit sich bringen würde, vorausgesetzt, dass obenerwähnte Bedingungen zur Zeit des Eintrittes der Reservation vorhanden sind.

Würden jedoch für eine Reservation solche Gebiete ausgewählt, in welchen dies nicht der Fall ist, z. B. Wälder der Ebene, in denen die Fichte, diese Holzart des Gebirges, bestandesbildend auftritt, so könnten dadurch diesen selbst und umliegenden Waldungen Gefahren erwachsen" (M. Decoppet).

Es ist selbstverständlich, dass die infolge des Aufhörens der Weidebetriebe allmählig sich einstellenden Veränderungen der Flora eingehend studiert werden sollen. Es ist keine Frage, dass die Flora unserer Alpweiden in ihrer Zusammensetzung in hohem Grade durch den Zahn des Viehs und den abfallenden Dünger beeinflusst ist; es wird von grossem Interesse sein, zu beobachten, wie sich in den Reservationen allmählig der Zustand des „Ur-Rasens", des unberührten Bestandes einstellen wird.

## IV.

Wir wollen nun das erste Objekt unserer Bestrebungen, das Val Cluoza, etwas näher betrachten. Ich lernte es auf einer botanisch-zoologischen Schlussexkursion kennen, die ich mit meinen Kollegen C. Keller und M. Rikli und Studierenden des eidgenössischen Polytechnikums Ende Juli dieses Jahres ausführte.

Val Cluoza ist ein wildes, schwer zugängliches Hochgebirgstal, in das gewaltige Dolomit-Massiv des Piz Quatervals südlich von Zernez tief eingerissen. Es läuft vom Piz Quatervals (3159 m) direkt nach Norden und erstreckt sich von 1520 m, von der Einmündung des Cluozabaches in den Spölfluss, $1^1/_2$ km östlich von Zernez, bis zu 3159 m. Es hat eine Länge von 10 km (bis zum Passo del Diavel gerechnet), eine maximale Breite von 4 km und einen Flächeninhalt von 28 km$^2$. Nach oben gabelt es sich in die drei grauenhaft öden Fels- und Trümmertäler Valletta, Val Sassa und Val del Diavel. Gegen Süden, an der italienischen Grenze, ist es durch einen teilweise vergletscherten, schwer begehbaren Grenzkamm abgeschlossen, der einen wirksamen Schutz gegen

die Übergriffe der waidlustigen Livignasken bildet. Dessen Hauptgipfel sind, von West nach Ost: Piz Quatervals [1]) 3159 m, Monte Serra 3095 m, Pizzo dell'Aqua 3129 m; zwischen diesen beiden führt der Passo del Diavel 2815 m hinüber ins italienische Livignotal.

Der westliche Grat, der die Wasserscheide bildet, senkt sich vom Piz Quatervals langsam gegen Norden, zu den drei unbenannten Gipfeln Punkt 3071, 2975 und 2676 sich aufschwingend. Westlich von ihm liegt das zwischen Piz Quatervals und Piz d'Esen (3130 m) entspringende Val Tantermozza, das ebenfalls zur Reservation einbezogen werden soll.

Der östliche Gipfelkamm, vom Pizzo dell'Aqua nach Norden streichend, bildet den Piz del Diavel (3072 m) und den Piz Murtèr (2638 m), um sich dann zu einem breiten begrasten Rücken abzuflachen, der die Schafalp Murtèr trägt, der Gemeinde Zernez gehörig und seit etwa 17 Jahren an Bergamasker vermietet. Früher wurde auch Grossvieh da hinauf getrieben, seit 17 Jahren aber betreten nur Schafe das Val Cluoza. Über diesen breiten Kamm der Alp Murtèr, der sich dann südlich noch im Piz Terza (2683 m) zum Eckpfeiler zwischen Cluoza und Spöltal aufschwingt, kann man ins Spöltal nach Punt Praspöl und von dort entweder auf die Ofenstrasse oder ins Livignotal gelangen.

Das ist der eine Zugang zum Val Cluoza; der andere führt von Zernez aus, die wilde felsige Mündung des Cluozabaches in den Spöl umgehend, auf die westliche Wasserscheide hinauf und von da ins Tal hinab.

Wir schlugen am 26. Juli 1909 diesen Weg ein; er führte uns in Zernez zunächst vorbei an den sonnigen trockenen Fels-Hügeln am Südostende des Dorfes, die in ihrer Xerophyten-Flora einen so deutlichen Anklang an die „Felsenheide" des Wallis bieten [2]). Jenseits des Spöls wandern wir zwischen blühenden Sträuchern der rostroten Heckenrose, unter denen in ganzen Raketen die üppigen Stauden der duftenden blauen Himmelsleiter *(Polemonium coeruleum)* emporschiessen, während die schlingende Alpenwaldrebe *(Clematis alpina)* ihre blauen Glocken zwischen die blühenden Rosen hängt, und das leuchtende Gelb des schweizerischen Schottendotters *Erysimum helve-*

[1]) Der Name wurde diesem Stock von Herrn Oberforstinspektor Dr. Coaz gegeben, der anno 1847 als eidgenössischer Topograph dieses Gebiet aufnahm, also vor 62 Jahren, und der heute als unermüdlich tätiger Leiter der Forstangelegenheiten der Schweiz die Freude erlebt, dieses Gebiet als Naturpark reserviert zu sehen. „Viertälerspitz" heisst der „Quatervals" wegen der vier von ihm ausstrahlenden Täler: Sassa, Valletta, Tantermozza und Müschauns.

[2]) *Festuca valesiaca, Phleum Boehmeri, Koeleria gracilis, Sempervivum tomentosum, Berberis vulgaris, Allium senescens.*

*ticum* einen wirksamen Kontrast zu dem Blau des Polemoniums bildet. Auf den Wiesen breitet die wilde Esparsette ihren leuchtend roten Rasen; es schimmern mannshohe Wiesenhaferrispen im Glanze der Engadinersonne, und der Schlangenwegerich schüttet aus seinen hellgelben Antheren den Blütenstaub in ganzen Wolken. So führt der Zugang zu unserem Naturpark durch blumenreiche Fluren.

Jenseits des Spöls, auf dessen linkem Ufer, beginnt der Pfad durch den Wald steil hinanzuklimmen, um die hohe Wasserscheide zu erreichen. Es ist ein lichter Mischwald aus Lärchen, Fichten und Engadinerföhren, jener eigenartigen Form der Waldföhre *(Pinus silvestris,* var. *engadinensis),* die als ausgeprägte Hochgebirgsform an deren oberer Grenze auftritt. Ein bunter Kräuterteppich ziert den Waldboden: zwischen den bläulichen Rispen des Blaugrases liegen ganze Teppiche der Schneeheide und leuchten die gelben Rasen des Alpensonnenröschens; die zahlreichen, bis 50 cm hohen Fruchtstände der Frühlingsanemone lassen die Lenzespracht dieses Haines ahnen; die Buchskreuzblume tritt in ihrer prachtvollen karminroten Abart auf und das Schwefelgelb der Fuchsflechten, welches reichlich die borkigen Stämme der Lärche besiedelt, vollendet das bunte Bild. Es ist ein prächtiger Waldspaziergang da hinauf![1])

Bis ca. 1740 m haben wir den Kamm erreicht, wo sich zum erstenmal der Blick in das wilde Tal eröffnet (Fig. 1), mit Pizzo dell' Aqua und Piz del Diavel im Hintergrund.

Hier lagern wir uns im Schatten der Lärchen und unser liebenswürdiger Führer, Herr Forstinspektor Stamm, Gemeindeförster von Zernez, gibt uns einen lehrreichen Überblick über die Waldverhältnisse dieser waldreichsten Gemeinde der Schweiz.

Vermessen sind bis jetzt nur die sogenannten „Heimwälder" im Inntal, von Brail bis Süs; sie umfassen 2813 Hektaren. Die ausgedehnten Ofenberg-Waldungen (meist aufrechte Bergföhre), werden auf 2600 Hektaren geschätzt, sind aber nach der Ansicht unseres Gewährsmannes etwa doppelt so gross, ca. 5000 Hektaren. Auf der ganzen rechten Talseite des Ofenpasses, von Val Laschadura bis hinein nach Buffalora, d. h. bis zur Grenze gegen Cierfs, der ersten Gemeinde des Münstertals, auf eine Strecke also von 14 Kilometern bildet die Bergföhre reine Bestände, nur unterbrochen von einzelnen Fichten und Lärchen. Der linke Talhang dagegen, von La Schera bis Buffalora, weist prächtige Mischbestände auf von Lärchen, Arven,

[1]) *Sesleria coerulea, Erica carnea, Helianthemum alpestre, Anemone vernalis, Polygala chamaebuxus* var. *rhodoptera, Evernia vulpina,* ausserdem: *Coronilla vaginalis, Oxytropis campestris, Luzula flavescens, Coeloglossum viride, Pyrola chlorantha.*

Fichten und Bergföhren. — Der gesamte Waldbesitz von Zernez würde also 8000 Hektaren umfassen.

Die Bewirtschaftung ist infolge ungenügender Transportmittel noch nicht hoch entwickelt. Der jährliche Ertrag beziffert sich auf ungefähr 4200 $m^3$, also ca. 0,5 $m^3$ per Hektar. Nur nach dem Brandjahr 1872, als der grösste Teil des Dorfes ein Opfer der Flammen geworden war und es sich um Wiederaufbau handelte, war der Ertrag bedeutender; damals wurden die Wälder erheblich reduziert.

Fig. 5. **Blick ins Val Cluoza von „Selva" aus,**
beim Aufstieg zur Wasserscheide, unweit des Talausgangs (Richtung Süd). Im Hintergrund Piz dell'Acqua und Piz del Diavel; an den Hängen links die Alp Murtèr. Aufnahme von F. Meyjes, cand. chem., Zürich. (Aus „La Patrie Suisse".)

Die Gemeinde besitzt zwei Sägen; fast alles Holz wird dort verarbeitet und kommt als Bretter in den Handel. Die gesamten Ofenbergwaldungen produzieren nur Brennholz, das fast ausnahmslos ins Oberengadin verkauft wird und sehr gesucht ist (jährlich 3000 bis 4000 Ster.

Jeder im Walde zu schlagende Stamm erhält vom Gemeindeförster tief unten einen auch am restierenden Stock noch sichtbaren Stempel, so dass stets eine Kontrolle möglich ist. Die Gemeindebürger bezahlen eine ganz mässige Taxe für das Holz (6 Fr. per $m^2$). Ausserdem dürfen sie jährlich zweimal Dürrholz lesen. Der Weidgang für Schmalvieh ist im Walde gänzlich verboten; Grossvieh darf nur ums Dorf herum im Walde weiden.

Seit 1904 ist eine alljährliche Anpflanzung von 40,000 Stück vorgeschrieben, die in der bekannten Pflanzschule des Herrn Roner in Zernez bezogen werden, da das billiger ist, als die Aufzucht in eigenen Pflanzschulen. Es ist die Anpflanzung von Arven bis 2400 m gelungen.

Der letzte Holzschlag im Val Cluoza hat anno 1870 stattgefunden; das Holz wurde talauswärts geflösst; dabei ging aber so viel verloren, dass diese Nutzung definitiv aufgegeben wurde.

Von „Selva" aus, unserem Ruheplatz, geht es längs der Wasserscheide steil aufwärts, in einer Holzriese, die durch die abgefallenen Lärchennadeln äusserst schlüpfrigen Boden besitzt. Links und rechts bedecken Riesenteppiche der Schneeheide den Boden, von Astmoosen reichlich durchwuchert und von Preisselbeeren begleitet. Das reizende einblütige Wintergrün tritt auf, das Steinrösel verbreitet sein feines Aroma, Silberwurz und Alpensonnenröschen machen das Quatuor kalkliebender Alpenzwergsträucher voll.

Fig. 6. **Der Piz Linard.**
Rückblick beim Aufstieg von Zernez ins Val Cluoza.
Aufnahme von F. Meyjes, cand. chem., Zürich.
(Aus „La Patrie Suisse".)

Bei 1760 m mischt sich dem Waldbestand die Arve bei, mit den dunkeln Bärten der Mähnenflechte behangen und von Alpenrosensträuchern umwuchert. Die tief orangegelben Sterne des seltenen eberreisblättrigen Kreuzkrautes erfreuen uns auf einer Lichtung.

Bei ca. 1950 m, bei „il Pra" (= Wiese) der Karte treten wir auf ein kleines vorgeschobenes Wiesenplateau hinaus, wo ein prächtiger Rückblick auf Zernez und den Piz Linard uns überrascht (Fig. 6). In mannigfachen Serpentinen führt der wilde Spöl seine trüben Fluten dem Inn zu. Hier steht in Menge das seltene mittlere Wintergrün und in Prachtsexemplaren das langspornige Alpenveilchen [1]).

[1]) *Erica carnea, Hypnum triquetrum, Vaccinium Vitis idaea, Pirola uniflora, Daphne striata, Dryas octopetala, Helianthemum alpestre, Pinus cembra* mit *Bryopogon jubatum, Rhododendron ferrugineum, Senecio abrotanifolius, Pirola media, Viola calcarata.*

Nun haben wir den Punkt des Grates erreicht (bei ca. 2100 m), wo sich der Fussweg ins Tal hinabzuziehen beginnt, langsam längs des linksseitigen Hanges sich senkend. Es ist ein holperiger, schlecht ausgetretener Geispfad, längs wilder, steiler Schutthalden führend, auf denen dichter Legföhrenbusch dem Wanderer den Weg versperrt, überragt von einzelnen Arven und Lärchen (Fig. 7), wo Vogelbeersträucher *(Sorbus aucuparia)* noch bei 2000 m in vollem Blütenschmuck

Fig. 7. **Im Val Cluoza: auf dem Geisspfad der linken Talseite, mit Legföhren und Lärchen.**
Blick talauswärts, auf Val Laschadura, Piz Nuna und Piz d'Ivraina, auf der gegenüberliegenden Seite des Ofenpasses.
Aufnahme ven F. Meyjes, cand. chem., Zürich. (Aus „La Patrie Suisse".)

stehen, begleitet von Moorbirke *(Betula pubescens)*. Der gegenüberliegende Schutthang zeigt sich ebenso übergrünt; in der Tiefe rauscht der weisse Silberstreif des schäumenden Cluozabaches.

Eine typische Kalkschuttflora [1]) begrünt in einzelnen Flecken

[1]) *Saponaria ocymoides* (bis 2100 m), *Dryas octopetala* in Riesenteppichen, *Helianthemum alpestre, Sesleria coerulea, Linaria alpina, Leontodon pispidus* var. *pseudocrispus* in besonders reicher und üppiger Entwicklung, *Sempervivum tectorum, Arctostaphylos uva ursi* und *alpina, Senecio Doronicum, Gentiana purpurea, Astragalus alpinus, Oxytropis montana, Cotoneaster integerrima, Salix Waldsteiniana, S. arbuscula, S. hastata, Hedysarum obscurum, Oxytropis montana, Gypsophila repens, Rhododendron hirsutum, ferrugineum* und *intermedium, Sorbus chamaemespilus, Lonicera coerulea* und *nigra*.

die rauhe Fläche; in zahlreichen kleinen Runsen ziehen sich kleine Wasseradern ins Tal, zum Teil aus Quellen entspringend.

Beim „Grass da Cluoza", wo ein kleiner Wiesenplan den Wald unterbricht, erreicht der Fusspfad die Talsohle und zieht sich nun längs des Baches durch Bergföhrenwald aufwärts. Seinem moosigen Grund entsteigt die bleiche Korallenwurz und der seltene Gifthahnenfuss; auf den Kalkblöcken sitzt die Kernerie und der bläuliche Steinbrech [1]). Die Renntierflechte, üppig wuchernd, bildet grosse schneeweisse Flächen.

Fig. 8. **Val Cluoza.**
Der Hintergrund des Tals, von Alp Murtèr aus gesehen. Rechts der Piz Quatervals und das Seitental von Valletta, links das Seitental del Diavel, der Piz del Diavel und der Piz dell'Acqua.
Aufnahme von F. Meyjes, cand. chem., Zürich. (Aus „La Patrie Suisse".)

Bald haben wir den „Plan della Valletta" erreicht, das kleine schwach geneigte Schuttdreieck zwischen den Mündungen der beiden Seitentäler Valetta und Val Sassa, wo eine halbeingestürzte, niedere, äusserst primitive Jägerhütte steht. Unweit derselben finden wir im lockern Bergföhrenwald eine moosige Quelle und wir beschliessen, hier unser Zeltlager aufzuschlagen. Unter dem schneidigen Kommando eines jungen Leutenants werden fünf Viermannzelte nach allen Regeln der Kunst aufgeschlagen; wir verdankten sie der Freundlichkeit des Aargauer Zeughausverwalters und hatten sie durch

[1]) *Coralliorrhiza innata, Ranunculus thora, Kernera saxatilis, Saxifraga caesia.*

Träger hieherschleppen lassen. Eine regelrecht gegrabene und armierte Feldküche wird installiert und liefert ein vortreffliches Abendessen. Bei sinkender Dämmerung sitzen wir um das Feuer und voll Begeisterung wird beschlossen, dass wir alle in den „Bund für Naturschutz" eintreten wollen; ein junger Ehemann meldet sich sogar samt Gemahlin und seinen neugeborenen Zwillingen als lebenslängliche Mitglieder an. Das Sekretariat des Bundes, Herr Dr. Brunies, der beste Kenner des Ofengebiets, den wir bei uns zu sehen das Vergnügen haben, steckt schmunzelnd die Beiträge ein.

Fig. 9. **Im Val Cluoza.**
Eine Gruppe der ganzblättrigen Primel (*Primula integrifolia*) auf der Alp Murtèr. Aufnahme von F. Meyjes, cand. chem., Zürich. (Aus „La Patrie Suisse".)

Vor dem Abend haben einige von uns noch rasch einen Vorstoss in das Val del Diavel gemacht. Ich kann dasselbe nicht besser schildern, als mit den Worten Otto von Bülows, der im Band XX des Jahrbuchs des S. A. C. eine Tour über den Passo del Diavel beschreibt: „Kein „Teufels"-, nein, ein „Totental"; kein Schlund, in dessen Abgrund vergebens ein Sonnenstrahl zu dringen sucht; keine Enge, nein, ein weites Felsengrab, ausgefüllt, wohin du blickst, mit grauen Blöcken und Geröll. Heute spannt sich noch der blaue Himmel darüber hin und die lustigen Wölkchen ziehen vorbei, aber sie vermögen dennoch nichts von der bleiernen Schwermut, die ringsum lastet, mit sich wegzunehmen. Fürchterlich vollends aber muss es hier sein, ein Ort für Verdammte, beim Unwetter, wenn die grauen Nebel jagen oder der Sturm und der Donner sich wütend an diesen Felsenstirnen bricht. Dann ist aus dem Totental allerdings

der vollkommenste „Teufelsschlund“ geworden und die Doré'sche Höllenlandschaft hat Leben und Staffage gewonnen.“ Bülow brauchte 4 Stunden, um das Geröllfeld des Val del Diavel bis zur Passhöhe zu passieren, von der aus man eine grossartig wilde Aussicht geniesst.

Fig. 10. **Hintergrund des Val Cluoza.**
Links Val del Diavel. dann Monte Serra (3095 m) und Val Sassa mit dem schuttbedeckten kleinen Gletscher und der Fuorcla di Val Sassa, die nach Val Müschauns hinüberführt; rechts die Abhänge des Piz Quatervals.
Aufnahme von O. Guyer, Aarau.

Andere aus unserer Kolonne machten eine Exkursion in die dichten Waldungen von Valetta, die sie als schwer durchdringliche Urwälder schilderten.

Andern Tages bauten wir uns aus herabgeschwemmten Baumstämmen eine Brücke über den tosenden Cluozabach, an Stelle der auf der Karte angegebenen, die dem letzten Hochwasser zum Opfer gefallen war, und stiegen nun auf schmalem, aber bequemem Pfade

durch Arven-, Bergföhren- und Lärchenbestände auf dem rechten Talgehänge hinauf zur Alp Murtèr, von deren Hütte aus man einen schönen Einblick in die drei Stammtäler von Cluoza geniesst. Auch hier ist die Flora reich und mannigfaltig.[1])

Von der Hütte (bei welcher die seltene *Saxifraga ascendens* wächst), geht es auf sanft ansteigendem Weidehang zum domartigen Grat empor, an prachtvollen Kolonien der ganzblättrigen Primel vorbei (Fig. 9); im Schutt zwischen den Weideflecken grünt *Ranunculus parnassifolius* und das seltene *Callianthemum rutifolium*.

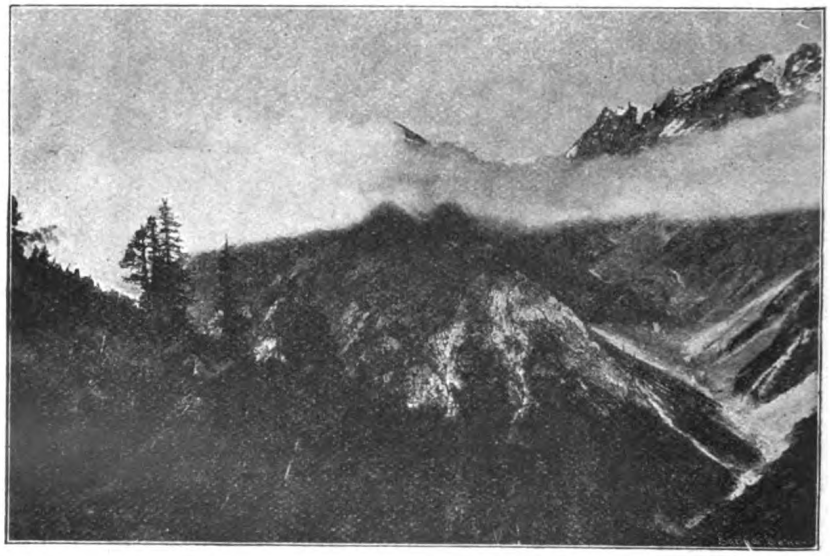


Fig. 11. **Im Val Cluoza. — Das Seitental Valletta,**
von Alp Murtèr aus.
Aufnahme von F. Meyjes, cand. chem., Zürich (Aus „La Patrie Suisse".)

Immer schöner wird der Blick in den Talhintergrund (Fig. 10). Der Piz Quatervals mit seinem Firnmantel tritt imponierend hervor; im Val Sassa lässt sich ein totes Gletscherlein erkennen, ganz unter Schutt vergraben, aber mit deutlicher Eisstirn und Seitenmoränen.

Auf dem berasten Rücken der Alp Murtera machen wir Mittagsrast, mit Front gegen das Ofengebiet, das hier in seiner ganzen Pracht vor uns liegt, vom Piz Nuna bis Munt la Schera; im Hintergrund tauchen der massige Ortler und die Cima di Piazza auf. Die Alp Stavelchod erscheint als grüner, leuchtender Rasenfleck

[1]) *Clematis alpina, Ranunculus Thora, Festuca pumila* in Riesenhorsten, *Carex sempervirens, Leontodon pseudocrispus, Petasites niveus, Viola calcarata* in besonders schöner Entwicklung, *Senecio Doronicum*.

im düstern Bergföhrenwald; schön ist der Kontrast der rundlichen Verwitterungsform des aus Verrucano aufgebauten Munt la Schera gegenüber den zackigen Dolomitgipfeln. Die Ofenstrasse zieht als langes weisses Band durch die Hänge; den Ofenberg selbst sieht man von hier aus nicht.

Der Nachmittag führte uns ins Spöltal hinab und nach Livigno. Wir schlenderten zunächst auf dem breiten Grat gegen den Piz Murtèr hinauf, über Schuttfelder, die eine reiche Polsterflora tragen. [1])

Der abwechslungsreiche Abstieg führte uns östlich von Piz Murtèr hinab in das grossartige Spöltal bei Punt Perif, längs gigantischer Schutthalden, vom gelben Mohn in reicher Fülle geziert; durch Legföhrenbestände und Arvenparke und blumenreiche Matten. Von Punt Perif wanderten wir dem rauschenden Spöl entgegen nach Livigno. Auch diese Strecke, die ja bis zur Grenze ebenfalls in die Reservation einbezogen werden soll, ist landschaftlich und botanisch äusserst lohnend.[2])

So viel über Val Cluoza und das anschliessende Gebiet.

Die Gemeinde Zernez kam unsern Bestrebungen in sehr anerkennenswerter Weise entgegen; schon von vornherein zeigte sie sich geneigt, auf Verhandlungen betreffend Val Cluoza einzutreten. Im Oktober wurde der Vertrag zwischen der Gemeinde Zernez und der schweizerischen Naturschutzkommission unterzeichnet. Laut demselben wird das Val Cluoza vom 1. Januar 1910 der Kommission als Reservation vorläufig auf 25 Jahre überlassen. Es hört für diese Zeit jede wirtschaftliche Benutzung von Seiten der Gemeinde und von Privaten auf; die Verfügung über das Gebiet steht lediglich der genannten Kommission zu, welche namentlich das Recht hat, Wege, Hütten, Abgrenzungen etc. anzubringen und einen oder mehrere Wächter anzustellen. Es wird für ein allgemeines Jagd-, Holzungs- und Weidverbot für die Reservation gesorgt werden. Sollte durch Bären, welche im Gebiet sich aufhalten, Schaden angerichtet werden, so würde die Kommission für den Schadenersatz aufkommen, event. den Abschuss zu veranlassen haben. Die Polizeiaufsicht durch die Gemeinde bleibt im Gebiet aufrecht, namentlich auch Massregeln gegen Wilderer. Die Gemeinde wünscht, dass durch die Kommission

---

[1]) *Papaver aurantiacum*, *Saxifraga aphylla*, *Draba Hoppeana* und *carinthiaca*, *Arabis pumila*, *Cerastium latifolium*, *Hutchinsia alpina*, *Ranunculus parnassifolius*.

[2]) Ich nenne nur: *Viola pinnata*, *Dryas octopetala* var. *vestita*, *Aethionema saxatile*, *Crepis pygmaea*, *Carex mikroglochin*, *bicolor*, *incurva*, *Trichophorum atrichum*.

ein gut gangbarer Pfad von der Zernezer Seite aus in den nächsten Jahren angelegt werde. Der jährliche Pacht- und Anerkennungszins beträgt 1400 Fr.

Damit ist nun unserem Lande der erste schweizerische Nationalpark gesichert, dessen weitere Ausdehnung nur eine Frage der Zeit ist. Schon sind Unterhandlungen mit Schuls betreffend Val Scarl und mit andern Gemeinden wegen der übrigen Täler im Gange, die Aussicht haben, zu einem guten Ende zu führen.

## V.

Es ist klar, dass die Reservationen bedeutende Geldmittel erfordern: für die Entschädigungen an die Eigentümer, für Zugänglichmachung durch Wege und Hütten, für die Aufsicht und wissenschaftliche Nutzbarmachung; vielleicht sogar für . . Raubtierschaden!

Es war deshalb eine glückliche Idee von Dr. Fritz Sarasin, diese Mittel durch Gründung eines „Einfrankenvereins" unter dem Namen „Bund für Naturschutz" („Ligue pour la protection de la nature") zu beschaffen. Alsobald (im Winter 1908) machte sich der energische Leiter der Naturschutzkommission an die Arbeit, und es gelang seinen und seiner Mithelfer Bemühungen, in kurzer Zeit die Sache in Gang zu bringen. Die Mitgliedschaft wird entweder durch einen Jahresbeitrag von mindestens 1 Fr. oder durch einmalige Subskription von mindestens 20 Fr. erlangt. Letztere Gelder werden kapitalisiert.

Der Naturschutz-Bund zählte am Anfang Februar 1910 gegen 3000 Mitglieder, darunter über 30 mit einem Jahresbeitrag von 5 Fr. und mehr; die Subskriptionen mehren sich in erfreulicher Weise und legen beredtes Zeugnis ab von dem idealen Sinn der Geber: so hat Herr Herold von Chur aus Paris 5000 Fr. gespendet; eine Subskriptionsliste in Genf trug an der Spitze die Namen Lucien de la Rive mit 500 und William Barbey mit 1000 Fr. Neuerdings ist die Sektion Uto des Alpenklub mit einem jährlichen Beitrag von 50 Fr. dem Naturschutz-Bund beigetreten, ein Beispiel, das wohl Nachahmung finden dürfte.

Aber noch lange nicht ist das Ziel erreicht! Jedes neue Mitglied und jede neue Subskription ist hochwillkommen. Denn unsere Naturschutzbewegung hat sich das hohe Ziel gesteckt, in gemeinsamer Arbeit mit dem schweizerischen Forstverein, von jedem durch die Kultur bedrohten Typus natürlicher Landschaft, sei sie durch die Vegetation oder durch die Bodengestaltung bedingt, ein gut ausgeprägtes Beispiel der Nachwelt zu überliefern!

## 28. Nekrologe.

### Jakob Theodor Ernst (1866—1909, Mitglied der Gesellschaft seit 1903).

Theodor Ernst entstammte einer zürcherischen Familie, die den Naturwissenschaften und speziell der Medizin manchen Vertreter gestellt hatte. Der Vater betrieb viele Jahre lang am Sonnenquai das rühmlichst bekannte Optikergeschäft und so war es natürlich, dass der Sohn, nachdem er die Schulen absolviert hatte, in das väterliche Geschäft eintrat, um es dann nach des Vaters Tode als Geschäftsinhaber weiter zu führen. Es gelang ihm, das Geschäft aus den engen Verhältnissen, mit denen es sich am Sonnenquai hatte begnügen müssen, in das neue, geräumige Lokal an der Bahnhofstrasse zu verlegen — aber freilich ohne sich der neuen Verhältnisse allzu lange erfreuen zu dürfen. Am 5. Januar 1909 erlag er einer rasch verlaufenden Krankheit.

Theodor Ernst hat sich namentlich auch um das kirchliche Leben Zürichs, insbesondere der Kirchgemeinde Neumünster verdient gemacht. Dem Kirchenpfleger Ernst hat Herr Pfarrer Paul Liechti einen Nachruf gewidmet, auf den wir hier gerne verweisen.

### Hermann Minkowski (1864—1909, Mitglied der Gesellschaft seit 1896).

Hermann Minkowski im Rahmen unserer Notizen ein Denkmal zu setzen, ist nicht möglich. Aber ebenso unmöglich ist es, mit Stillschweigen darüber hinweg zu gehen, dass er, wenn auch nur eine kurze Spanne Zeit, auch der unsrige gewesen ist. Für unsere eidgenössische technische Hochschule wird es stets ein Ruhmestitel sein, dass auch Hermann Minkowski zu ihren Lehrern zählen durfte, nachdem sie das Glück gehabt hatte, unter den Heroen der Zahlentheorie einst auch Richard Dedekind zu besitzen.

Die Mathematiker unserer Gesellschaft haben alle die Gedächtnisrede gelesen, die Hilbert am 1. Mai 1909 in der öffentlichen Sitzung der Königl. Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen gehalten hat. Für die Fernerstehenden seien daraus nur einige Daten über die äusseren Lebensverhältnisse Minkowskis entnommen.

Hermann Minkowski wurde am 22. Juni 1864 zu Alexoten in Russland geboren, kam als Knabe nach Deutschland und trat Oktober 1872 in die Septima des Altstädtischen Gymnasiums zu Königsberg i. Pr. ein, das er schon März 1880 — als Fünfzehnjähriger — mit dem Zeugnis der Reife verliess. Ostern 1880 begann Minkowski seine Universitätsstudien. Insgesamt hat er 5 Semester in Königsberg, vornehmlich bei H. Weber und W. Voigt, und 3 Semester in Berlin studiert, wo er die Vorlesungen von Kummer, Kronecker, Weierstrass, Helmholtz und Kirchhoff hörte. Nachdem er schon als achtzehnjähriger im April 1883 den Grand Prix des Sciences Mathématiques für eine von der Pariser Akademie gestellte zahlentheoretische Preisaufgabe erhalten hatte — es handelte sich um das Problem der Zerlegung der ganzen Zahlen in eine Summe von fünf Quadraten — wurde er 1885 in Königsberg zum Doktor promoviert. Ostern 1886 habilitierte er sich — noch nicht zweiundzwanzigjährig — in Bonn, wo er 1892 zum Extraordinarius ernannt wurde. Im Jahre 1894 siedelte er nach Königsberg über. Ein Jahr später wurde er Hilberts Nachfolger im Ordinariat, um dann im Oktober 1896 einem Rufe an unsere

eidgenössische technische Hochschule in Zürich zu folgen. In Zürich war Minkowski von Herbst 1896 bis Herbst 1902 tätig. Seine Vorlesungen galten hier natürlich in erster Linie den Studierenden der Mathematik, doch trug er — wenigstens am Anfang seiner Lehrtätigkeit — auch analytische Mechanik für die Studierenden der mechanisch-technischen Wissenschaften vor.

Eine neue, vielverheissende Zeit brach für Minkowski an, als er Herbst 1902 durch eine Berufung nach Göttingen auf den für seine Wirksamkeit angemessensten Boden verpflanzt wurde. Aber nur um weniges mehr als sechs Jahre — freilich Jahre fruchtbarsten Schaffens und ungetrübten Glückes — war es ihm beschieden, an der Seite seines Freundes Hilbert zu wirken. Noch nicht 45 Jahre alt wurde er am 12. Januar nach kaum dreitägiger Krankheit durch eine Blinddarmentzündung dahingerafft.

## Jakob Escher (1818—1909, Mitglied der Gesellschaft seit 1846).

Mit alt Oberrichter J. J. Escher-Bodmer hat unsere Gesellschaft ihr ältestes Mitglied verloren. Nicht weniger als 63 Jahre lang hat er ihr angehört. Als er bei Gelegenheit des 100jährigen Jubiläums der Naturforschenden Gesellschaft in diese eintrat, da herrschten noch jene patriarchalischen Verhältnisse, wie sie in der Festschrift von 1896 geschildert sind. Das Präsidium z. B.— im Jubiläumsjahre bekleidete es noch der hochbetagte, verdienstvolle Zoologe H. R. Schinz — war damals lebenslänglich, aber schon 1847 änderten sich die Verhältnisse und es begann — auch in der äusseren Organisation der Gesellschaft — die Zeit des „Triumvirates" Mousson, Heer, Escher v. d. Linth, eine Zeit, die nun auch schon so weit hinter uns liegt, dass nur noch die Ältesten unter uns sich daran erinnern.

Im Folgenden geben wir den Nachruf wieder, den Herr Dr. Conrad Escher in Nr. 37 der „Neuen Zürcher Zeitung" veröffentlicht und den er seitdem im Neujahrsblatt der Stadtbibliothek auf das Jahr 1910 zu einem ausführlichen Lebensbild gestaltet hat.

Jakob Escher war der Sohn des Heinrich und der Luise, ebenfalls geborene Escher, beide direkte Nachkommen des Bürgermeisters Heinrich Escher, der vor zweihundert Jahren lebte und in der ganzen alten Eidgenossenschaft in hohem Ansehen stand. Jakob Escher war geboren den 18. Februar 1818 als der zweitälteste von drei Brüdern, mit welchen er jederzeit im intimsten Einvernehmen lebte. Er soll ein gesunder, starker Knabe gewesen sein und der Vater schrieb auf des Kleinen Sparkassaheft, dass er im Alter von einem Jahr bereits siebenundzwanzig Schweizerpfund gewogen habe; auch soll er etwa geäussert haben, man merke es dem Jakob an, dass er in einem guten und fruchtbaren Jahr zur Welt gekommen, umgekehrt aber seinem Bruder Heinrich, dass er in einem Jahr der Teuerung (1816) geboren worden sei; Heinrich war eher mager. Jakob war schüchterner Art und es blieb ihm diese Eigenschaft in einem gewissen Mass während seines ganzen Lebens. In seiner höchst interessanten Selbstbiographie, aus welcher der Verfasser dieses Nekrologs an einem andern Ort noch weitere Mitteilungen zu machen in der Lage sein wird, nennt der Verstorbene noch eine andere Eigenschaft, die in seiner frühen Jugend an ihm zutage getreten sei: Eigensinn oder wenn man einen schönern Ausdruck dafür gebrauchen wolle, Willensstärke, Beharrlichkeit. Die letztere Bezeichnung ist wohl die richtigere und gewiss hatte er diesem Charakter die schönen Erfolge seines Lebens mit zu verdanken.

Das Wohnhaus der Familie Escher war der Wollenhof, zu hinterst in der Schipfe und ganz nahe am obern Mühlesteg gelegen, ein Gebäude, welches in früherer Zeit zum Ötenbachkloster gehört hatte. Mit dem Wollenhof hängen alle Erlebnisse Eschers in den ersten dreissig Jahren seines Lebens zusammen.

Im Jahr 1823 trat J. Escher in die Privatschule Schoch, 1827 in die Bürgerschule und zwar in die Abteilung, welche Lateinschule genannt wurde, 1830 in die Gelehrtenschule. Immer war er der Erste in der Klasse und „sass oben an", wie man sich damals ausdrückte. Die Schüler waren eben immer nach ihren Leistungen rangiert und für begangene Fehler oder Nachlässigkeiten, musste einer um einen oder zwei oder auch um eine ganze Bank hinabsitzen". Aus dem Jahr 1832 (Herbst) ist uns bekannt, dass die sogenannte erste Bank (d. h. die besten Schüler) im Katalog folgendermassen aufgeführt war: „Jacobus Escherus, Jacobus Meyerus (später Meyer-Brenner), Carolus Orellius major (jung gestorben), Friedericus Wyssius (später Professor und Oberrichter, gest. 1907), Albertus Köllikerus (später Geheimrat in Würzburg), Emilius Schinzius (nachher Lehrer der Mathematik am Polytechnikum).

Schon jetzt begann der Verstorbene sich im Turnen zu üben; später trat er einem Vereine bei, der im Kräuel, d. h. auf dem linken Sihlufer oberhalb des gegenwärtigen Bahnhofs in einem Schopf übte. In späteren Jahren besuchte er auch Turnfeste. Er zeichnete sich aus in den Kraftübungen am Reck und Barren, sowie am Klettergerüst. Wenn in der vorigen Woche ein hiesiger Turnverein seinen Mitgliedern den Tod des Dahingeschiedenen mitteilte mit der Angabe, J. Escher habe seit dem Jahr 1838 dem Turnverein als Mitglied und Ehrenmitglied angehört, so ist das durchaus richtig; Escher sass auch einige Zeit im Vorstand (Turnrat) und war etwa im Jahr 1840 Präsident des Vereins. Auch im Schwimmen war er geschickt und bei den Kadettenübungen brachte er es bis zum Oberleutnant, sein Bruder Heinrich sogar bis zum Hauptmann. Wenn J. Escher nie Militärdienst getan hat, so geht aus dem eben Gesagten hervor, dass dies nicht etwa wegen eines schwachen oder mit Fehlern behafteten Körpers geschah, — er wäre ohne Zweifel ein sehr tüchtiger Offizier geworden und es würde ihm auch an Entschlossenheit zum Handeln nicht gefehlt haben — sondern der Grund lag vielmehr darin, dass er, aus der Fremde heimgekommen, sofort in eine Stelle der Obergerichtskanzlei eintrat und infolgedessen nach den damaligen Gesetzen militärfrei wurde.

Im Jahr 1834 gelangte er an das obere Gymnasium, das erst in den vorhergehenden Jahren geschaffen worden war. Diese Anstalt hatte ihre Unterrichtszimmer im Chorherrengebäude (jetzt höhere Töchterschule). Als Mitschüler in jenen Jahren werden in der Selbstbiographie genannt der Naturforscher Tschudi, später schweizerischer Gesandter in Wien, und Alfred Escher, der ihm dann während vieler Jahre nahestand und erst in späterer Zeit infolge der politischen Ereignisse etwas entfremdet wurde. Der Verstorbene gehörte in jenen Jahren auch dem Gymnasial- und dem Zofingerverein an.

1837 begannen die Universitätsstudien. Da J. Escher auch damals an der Spitze seiner Klasse stand, so lag ihm nach der bestehenden Sitte ob, bei der Schulfeierlichkeit, die den Übertritt der obersten Klasse an die Hochschule bezeichnete, einen Vortrag und zwar in lateinischer Sprache zu halten. Er wählte als Thema die von einem angehenden Studenten bei der Auswahl der Vorlesungen zu befolgenden Grundsätze und sprach dabei folgende Ansicht

aus: Vor Zersplitterung der Kräfte müsse man sich zwar hüten, doch sich keineswegs auf blosse Fach- und Brotstudien beschränken, sondern eine möglichst vielseitige Bildung anstreben und daher namentlich auch Kollegien über philologische, historische und ähnliche Gegenstände besuchen. Der damalige Hauptlehrer an der Schulabteilung, der berühmte Philologe Hans Caspar Orelli, sah vorher die Rede durch, korrigierte einen Verstoss gegen die lateinische Grammatik und strich eine Stelle, in welcher der Redner seinen Dank gegen Orelli und andere Lehrer Worte verliehen hatte. Dieser Satz, sagte er, sei entweder übertrieben oder ein blosses Kompliment.

Erst jetzt stand Escher vor der endgiltigen Berufswahl. Der Vater hätte ihn gern zum Theologen gemacht, aber dazu konnte sich der Sohn nicht entschliessen und zwar aus den ernsthaftesten Gründen. Er fand, dass er doch nicht das alles lehren konnte — ohne seiner Überzeugung untreu zu werden — was die Kirche ihren Dienern mit Bezug auf den Religionsunterricht zur Pflicht mache; auch sagt er in seiner Selbstbiographie, dass er nie das Zeug in sich gefühlt habe, andern gegenüber als Zensor oder Ermahner und Antreiber zum Guten aufzutreten, ebensowenig auch seinen Mitmenschen in seinem Tun und Lassen als Vorbild zu dienen. Weiter kam in Frage, ob er nicht Naturforscher werden soll, worauf sein Freund Alfred Escher ursprünglich ausgegangen war. Beide kamen aber jetzt davon ab, und entschlossen sich nach reifer Überlegung zum Studium der Rechtswissenschaft.

Zunächst wurde die Universität Zürich besucht und hier insbesondere die Vorlesungen von Fr. Ludw. Keller und Bluntschli gehört. 1838 fand die Übersiedlung nach Berlin statt; hier lebte Escher in besonders intimem Verkehr mit den Brüdern Georg und Friedrich von Wyss, von denen der letztere ihm in seinem ganzen Leben am nächsten stand. Hier wurde er namentlich durch Savigny, das anerkannte Haupt der sogenannten historischen Rechtsschule, angezogen. In den Herbstferien trat er eine längere Reise nach Schweden an, wie er denn überhaupt in seinem langen Leben eine grosse Zahl von kleinern und mittelgrossen Reisen ausgeführt hat. Da Escher seine Zeit aufs beste ausnützte und die Gabe besass, überall scharf und sorgfältig zu beobachten, so haben diese Reisen unzweifelhaft viel dazu beigetragen, seine allgemeine Bildung fortwährend zu erweitern. Im Frühjahr 1839 begab sich J. Escher nach Bonn, kehrte dann aber im Herbst des gleichen Jahres nach Zürich zurück, wo er seine Studien bis Frühjahr 1841 fortsetzte. Auch diesmal waren es wieder Keller und Bluntschli, deren Kollegien er besuchte und zwar hörte er bei Bluntschli zürcherisches Privatrecht. Diesen letzteren Lehrer schätzte er ausserordentlich hoch und freute sich, später bei der Beratung des zürcherischen privatrechtlichen Gesetzbuches, sowie des schweizerischen Obligationenrechts mit ihm zusammen arbeiten zu können.

Den Schluss der Universitätsstudien machte der Verstorbene in Göttingen, wo er den Sommer des Jahres 1841 zubrachte und am 7. Oktober mit Auszeichnung das Doktorexamen bestand. Um seinen Eltern eine Überraschung zu bereiten, hatte er ihnen vorher nicht von seiner Absicht Kenntnis gegeben, dieses Examen zu bestehen. So konnte er ihnen nach glücklich bestandener Prüfung eine ausserordentliche Freude durch die Nachricht bereiten.

J. Escher trat dann eine längere Reise an; zuerst wandte er sich durch Belgien nach Paris und von da im Frühjahr 1843 nach England. In beiden Ländern, Frankreich und England, schenkte er seine Aufmerksamkeit nament-

lich den Gerichtsverhandlungen. In London waren es insbesondere die Polizeigerichte, die ihn ihres kurzen und zweckmässigen Verfahrens wegen interessierten. Es ist dies freilich eine ganz andere Institution als der Polizeirichter, der eben jetzt in Zürich eingesetzt wurde und wie bekannt eigentlich kein Richter, sondern ein Verwaltungsbeamter ist, der die Bussen festsetzt. In Paris erst verfasste Escher seine Dissertation für die juristische Fakultät in Göttingen und zwar über „unmögliche Potestativbedingungen im Testament". Sie gelangte erst gegen Ende des Jahres 1842 zur Austeilung. Nach einer längeren Reise durch England und Schottland kehrte er am 25. Juni 1843 nach Zürich zurück und wurde hier zum Substituten des Unterschreibers am Obergericht gewählt. Zu jener Zeit führte hier Finsler ein etwas strenges Regiment und sowohl Richter als Kanzleibeamte hatten eine grosse Arbeit zu verrichten. Der Verstorbene macht daher in seinen Aufzeichnungen die launige Bemerkung, es habe einen seltsam anmuten müssen, jedesmal bei Verlesung des Gebets am Anfang einer Gerichtssitzung den Satz wiederkehren zu hören: „Gib uns Kraft, dass wir unsere Gedanken aus der Zerstreuung des Lebens sammeln". Von Zerstreuung habe man eigentlich gar nicht mehr reden können. Trotz dieser Arbeitsüberhäufung lernte jetzt Escher noch Italienisch, ausschliesslich mit Hilfe von Büchern und ohne Lehrer. Es schämte ihn an, dass niemand unter den Gerichtspersonen imstande war, ein italienisches Requisitoriale zu übersetzen oder die Aussagen italienischer Zeugen zu verdolmetschen. Ein älterer Professor des Altdeutschen am Gymnasium, der hierfür etwa zugezogen wurde, besorgte die Sache ohne alles Verständnis. War auch der Verstorbene der italienischen Sprache nicht so mächtig wie der französischen und englischen, so las er doch mit einiger Leichtigkeit italienische Bücher auch noch in seinen letzten Jahren.

Im Jahr 1846 trat J. Escher als Mitglied in das Bezirksgericht Zürich ein. Im Spätjahr 1848 verheiratete er sich mit Karoline Bodmer, mit welcher er dann in einundsechzig Jahre dauernder Ehe aufs glücklichste lebte. Als es vor einigen Jahren seiner Lebensgefährtin schwer wurde, selbst noch am Abend zu lesen, machte sich der alte Herr an die Aufgabe, ihr die Abendstunden in der Weise angenehm zu gestalten, dass er ihr — und zwar ohne Brille oder etwas Derartiges — vorlas. Frau Escher, selbst hochbetagt, hat ihren Gatten überlebt, wie auch ein Sohn, während zwei andere und eine Tochter dem Vater im Tode vorangegangen sind.

Im Jahre 1851 wurde der Verstorbene ins Obergericht gewählt. Hier nun war er so recht eigentlich in seinem Element. Der Verfasser dieses Nekrologs war vor gerade fünfzig Jahren selbst als Sekretär bei diesem Gerichte tätig und erinnert sich lebhaft des Eindrucks, den er dabei von dem äusserst erfolgreichen Zusammenarbeiten einer Mehrzahl damaliger Gerichtsmitglieder empfing. Als solche sind noch hervorzuheben Finsler, Ullmer, Pestalozzi, Fr. von Wyss, Ammann u. a. Escher war bald eine Zierde des Gerichts und viele seiner Aufzeichnungen in der Selbstbiographie legen Zeugnis dafür ab, dass er sich von seinem Tun und Lassen nach allen Richtungen selbst Rechenschaft ablegte. Im Anfang machte es ihm einige Mühe, etwa mit einem wohldurchdachten Antrag in der Minderheit zu bleiben; „indessen gewöhnt man sich eben doch daran", schreibt er, „und nur, wer sich für unfehlbar hält, wird seinen Kollegen Vorwürfe machen, wenn sie in einer Sache, bei der er keinen Grund hat, Parteilichkeit zu vermuten, seiner Ansicht nicht beistimmen". Freude bereitete ihm auch die Mitwirkung in der sogenannten Justizkommission, welche die

Entscheide im Rechtstrieb- und Befehlsverfahren usw. ausfällte. Dagegen befriedigte ihn weniger die Prüfung der Kandidaten für die Advokatur und das Notariatswesen. Im Jahr 1866 kam für ihn noch die Leitung des Handelsgerichts hinzu, welches eben damals geschaffen wurde. Escher und andere wollten eigentlich dieses Gericht etwas anders organisieren, als es nun eingerichtet ist. Seine Urteile sollten nicht inappellabel sein. Er hat sich aber bald mit der gewählten Organisation ausgesöhnt und wahrscheinlich nicht wenig dazu beigetragen, dass die mit dem Handelsgericht gemachten Erfahrungen im ganzen recht gute sind. Die Einführung von Referentenaudienzen, wodurch auf Beschleunigung des Verfahrens hingewirkt wurde, ist sein Verdienst.

In den Jahren 1851 bis 1872 gehörte Jakob Escher auch dem Kantonsrat an; er trat in demselben weniger hervor, wurde aber immer zur Vorberatung von Gesetzentwürfen und dergl., welche die Rechtspflege betrafen, zugezogen, so namentlich, als es sich im Anfang der Fünfziger Jahre um die Einführung der Schwurgerichte im Kanton Zürich handelte. Auch diesmal huldigte er nicht ganz der Ansicht, die zum Durchbruch kam, indem er sich für Beibehaltung eines Kriminalgerichtshofes aussprach, vor dem dann aber die Zeugen einzuvernehmen gewesen wären. Die Zuziehung von Geschworenen hielt er nicht für empfehlenswert. 1853 u. ff. sass Escher in der das privatrechtliche Gesetzbuch für den Kanton Zürich ausarbeitenden Kommission, die unter der hervorragenden Mitwirkung Bluntschlis tüchtige Arbeit schuf, ohne für ihre vielen Sitzungen auch nur die mindeste Entschädigung zu erhalten. Escher hält sich in seinen Aufzeichnungen ein wenig darüber auf, dass die Mitglieder selbst bei der Schlussfeier ihr Mittagessen selbst bezahlen mussten und dazu die Regierung nur etwas Ehrenwein spendete. Auch zeichnet er als Kuriosum auf, dass bei dieser Schlussfeier die Kommissionsmitglieder eigentlich in der Zahl von dreizehn sich hätten zu Tische setzen müssen, wenn nicht auf den Antrag des Dr. Dubs in aller Eile als Vierzehnter noch ein Jurist, der nicht der Kommission angehörte, herbeigerufen worden wäre. Es fiel ihm auf, dass gerade ein so frei und fortschrittlich gesinnter Mann wie Dubs einem so abergläubischen Vorurteil glaubte Rechnung tragen zu müssen. In diesen beiden Richtungen ist es nun allerdings anders geworden. Nicht nur würde man sich über den törichten Aberglauben wegen der „dreizehn" hinwegsetzen, sondern es ist auch nicht daran zu zweifeln, dass eine so tüchtige Juristenkommission, wie jene war, für ihre Arbeit honoriert würde.

Escher ward auch zugezogen zur Ausarbeitung des schweizerischen Obligationenrechts (1878), ebenso zur Revision des zürcherischen privatrechtlichen Gesetzbuchs, das 1887 vom Volke angenommen wurde. Das Präsidium des Obergerichts zu übernehmen, konnte er sich nie entschliessen, ebensowenig sich in das schweizerische Bundesgericht wählen zu lassen, wovon mehrmals die Rede war. Im Jahre 1881 nahm er vielmehr seine Entlassung aus dem Obergericht, indem er u. a. fand, dass sein Gedächtnis etwas abgenommen habe, womit es indessen keineswegs so schlimm stand. Sein Rücktritt wurde aufs höchste bedauert, namentlich auch von denen, die beim Handelsgericht mit ihm zusammengearbeitet hatten. Bald wurde er indessen ins Kassationsgericht gewählt; er gehörte diesem, meist als Vizepräsident, noch bis zum Jahre 1899 an. Er stand damals im zweiundachtzigsten Altersjahr und war sechsundfünfzig Jahre lang bei den Gerichten tätig gewesen. Obschon er sich noch einer recht guten Gesundheit erfreute, so fühlte er doch das Bedürfnis nach Ruhe.

Es wäre noch manches zu sagen über Eschers Tätigkeit ausser den Gerichten, wie im Konvent der Zürcher Stadtbibliothek, der Gelehrtengesellschaft, ferner als „Obherr" der Stadtschützengesellschaft usw., doch hierüber später an anderem Ort. Zum Schluss sei nur noch erwähnt, dass er seit längerer Zeit seine Mussestunden zum Besten des zürcherischen Urkundenbuchs verwendete. Weitaus die meisten der darin abgedruckten Urkunden sind von ihm kopiert, was oft eine nicht leichte Arbeit war, indem das Lesen dieser alten Schriften oft sehr schwierig ist. Für die spätere Zeit kam man davon ab, die Urkunden im ganzen Umfang abzudrucken und fertigte nur noch sogenannte Regesten an. Viele Tausende von diesen Inhaltsanzeigen sind von J. Escher erstellt worden.

Das Leben Jakob Eschers war ein ausserordentlich harmonisches und glückliches. Wenn es ihm möglich war, in demselben so vieles zu leisten, so trugen dazu verschiedene Umstände bei; fürs erste die günstigen Lebensverhältnisse, unter denen er aufwuchs, seine Gesundheit und die trefflichen Geistesgaben, mit denen er ausgerüstet war, sodann die gute Erziehung, die ihm zuteil wurde und die vorzügliche Ausbildung für seinen Beruf und nach andern Richtungen. Auch gewisse Charaktereigenschaften wirkten dabei mit, so seine Beharrlichkeit und Klugheit. Die zu fassenden Entschlüsse wurden immer wohl überlegt; in der Ausführung war Escher entschieden und fest. Mässigkeit und Fleiss zierten ihn von der Jugend bis ins höchste Alter. Escher ging gern seinen eigenen Weg und liess sich nicht mit jedem ein; doch sah er nie vornehm auf andere herab. Für Fragen des politischen, aber auch des religiösen Lebens galt bei ihm der Spruch: „Prüfet alles, behaltet das Gute". Neuen Ideen und auch ihrer Durchführung war er durchaus nicht abgeneigt, doch kein Freund aller Übertreibungen.

Wenn wir somit Eschers langes Leben nur mit Bewunderung überblicken können und uns sein Auftreten und seine Wirksamkeit in den verschiedenen Stellungen eine wahre Hochachtung abgewinnen, so war seine richterliche Tätigkeit geradezu vorbildlich. Eine seltene allgemeine und juristische Bildung zierten den Verewigten, wozu dann nach und nach eine ungewöhnliche Kenntnis des zürcherischen Rechts und reiche Erfahrung in der Gerichtspraxis hinzukamen. Alle Streithändel, die zu entscheiden ihm oblag, prüfte er mit der grössten Objektivität. Nicht mit Vorurteilen trat er an sie heran, sondern er liess sie an sich als einen scharfen und sorgfältigen Beobachter herankommen. Beim oft mühsamen Aktenstudium ging ihm die Geduld nie aus und er nahm seinen Sitz im Gericht nur aufs sorgfältigste vorbereitet ein. Er hat sich denn auch um die zürcherische Rechtspflege hohe Verdienste erworben, die auch in späterer Zeit noch lange werden anerkannt sein.

## Albin Herzog (1852—1909, Mitglied der Gesellschaft seit 1896).

Am 15. Juni ds. Js. haben wir die sterblichen Überreste unseres Freundes und Lehrers der läuternden Flamme übergeben*). Nur eine kleine Zahl ihm näher stehender Freunde und Kollegen war von der Familie zu der, Herzogs schlichtem Wesen entsprechenden, stillen Trauerfeier in die Kapelle des Friedhofes Sihlfeld geladen worden, darunter vornehmlich seine nächsten Mitarbeiter, die Professoren der mechanisch-technischen Abteilung der eidgenössischen

*) Der Nachruf ist dem 46. Bulletin (Nov. 1909) der Gesellschaft ehemaliger Studierender des Eidg. Polytechnikums in Zürich entnommen.

Hochschule und als Vertreter der studierenden Jugend sein lieber Studentengesangverein, der unter Attenhofers Leitung gekommen war, dem verehrten Lehrer, dem heimgegangenen treuen Sangesbruder seinen letzten Gruss darzubringen.

Wenn auch näherstehenden nicht ganz unerwartet, so doch für die weiten Kreise, in denen Herzog wirkte, völlig überraschend kam die Kunde, dass er in den ersten Morgenstunden des 13. Juni ds. Js. den Folgen eines Schlaganfalles, der ihn abends zuvor getroffen hatte, erlegen sei. Schon vor mehr als Jahresfrist hatte seine Gesundheit eine schwere Erschütterung erlitten, die ihn nötigte, in seiner Arbeit auszusetzen und gänzlich der Ruhe zu pflegen. Langsam aber doch merklich trat zu Aller Freude Besserung ein und man durfte sich der Hoffnung hingeben, ihn bald seinem Wirkungskreis wiedergegeben zu sehen. Die körperlichen und die geistigen Kräfte hoben sich sichtlich und selbst sein Humor kam zeitweise wieder zur Geltung — als vor wenig Wochen ein Rückfall eintrat, der schnell zum Ende führen sollte. Noch nicht 57 Jahre alt ist Professor Herzog, dessen kraftvolle Gestalt und energisches Wollen noch so manches Jahr segensreichen Wirkens zu verbürgen schien, dessen Name und Ruf in mehr als 30jähriger Arbeit so eng mit dem unserer technischen Hochschule verknüpft worden war, dahingegangen!

Die Trauerfeier leitete ein Lied des Studentengesangvereins ein, worauf Schulratspräsident Gnehm als früherer Studiengenosse und als langjähriger Kollege im Lehrkörper des eidgenössischen Polytechnikums, wie auch — und nicht zuletzt — als persönlicher Freund ein lebenswahres Bild des Heimgegangenen entwarf, und sodann Professor Stodola für die mechanisch-technische Abteilung des eidgenössischen Polytechnikums, als deren Vorstand, in dankerfüllten Worten und lobender Anerkennung, Herzogs Bedeutung und Leistung für sein spezielles Fach zeichnete. Die feierlichen Klänge des vom Studentengesangverein vorgetragenen „Integer vitae" schlossen die einfache Feier.

Im Folgenden geben wir die Worte wieder, welche Herr Schulratspräsident Gnehm am Grabe sprach:

„Geboren in Homburg (Kt. Thurgau) den 26. Oktober 1852, verbrachte Herzog die Jugendjahre in seinem Geburtsorte, an den fruchtbaren Abhängen des Seerückens, die sanft in südlicher Richtung gegen das Thurtal abfallen. Dort erhielt er seinen ersten Unterricht, von dort aus besuchte er die Sekundarschule in Steckborn und später die Kantonsschule in Frauenfeld. Schon als Schulknabe und als Gymnasiast lieferte er Proben von seltener Energie und Tatkraft. Jahrelang legte er den stundenweiten Weg nach Steckborn und nach der, der Kantonshauptstadt nächst gelegenen Station bei Wind und Wetter täglich zu Fuss zurück. Nur eine kräftige, gesunde Natur, gepaart mit einem frohen Gemüt, ist solchen Anstrengungen auf die Dauer gewachsen. Unser Freund hat sich dabei zum tüchtigen Abiturienten entwickelt, der in der vordern Reihe stand.

Nach bestandener Maturitätsprüfung am Gymnasium zog es ihn nach Zürich, das seine zweite Heimat werden sollte. Er trat im Herbst 1870 in die Fachlehrerabteilung, mathem.-physikalische Sektion, des eidgenössischen Polytechnikums ein, die er mit vorzüglichem Erfolge im Laufe von acht Semestern durchlief. Hervorragende Begabung, ausgeprägtes Pflichtgefühl und unverwüstliche Arbeitskraft sind die Attribute, die ihm die freigewählte Studienrichtung zu einer Quelle innerer Befriedigung machten. Nicht, dass er sich

vom einseitigen Fachstudium aufzehren liess, auch für Literatur, Kunst und Geschichte hatte er einen offenen Sinn und als froher Gesellschafter bewegte er sich nach des Tages Last und Mühen gern im Kreise gleich gesinnter Kommilitonen. Im Besitz einer angenehmen Stimme und als Freund des Gesanges trat er in den Studentengesangverein ein, dem er bis in die spätern Lebensjahre aufrichtige Sympathie bewahrte. In trefflicher Weise hat es der Student verstanden, Arbeit und Erholung ins richtige Gleichgewicht zu bringen und dadurch, mit den Früchten ernsten Strebens unauslöschliche Erinnerungen aus der Studienzeit ins kommende Berufsleben hinüberzuretten.

Im August 1874 erwarb er das Diplom eines Fachlehrers in mathematisch-physikalischer Richtung; gleichzeitig löste unser Freund eine von der Konferenz der Fachschule gestellte Preisaufgabe und bald darauf promovierte er an der philosophischen Fakultät der Universität Zürich — für sein jugendliches Alter eine ungewöhnliche Summe an wissenschaftlichen Leistungen in der kleinen Zeitspanne.

Nach einem kurzen Vikariate an der Kantonsschule Frauenfeld übernahm er im Jahre 1875 die Stelle eines Assistenten für technische Mechanik am eidgenössischen Polytechnikum bei Prof. Kargl und habilitierte sich gleichzeitig als Privatdozent. Als der nur um wenige Jahre ältere Vorgesetzte zu kränkeln begann und den Unterricht für längere Zeit aussetzen musste, trat unser Freund als Stellvertreter in die Lücke, ein Provisorium, das sich auch nach dem Tode Kargls für einige Zeit fortsetzte, bis ihn der Bundesrat zum Professor für technische Mechanik mit Amtsantritt auf den 1. Oktober 1877 ernannte. Dem ihm damit eröffneten Wirkungskreise ist er bis zu seinem Lebensende treu geblieben. Und wir können uns glücklich schätzen, dass er der Unsrige geblieben ist. Ausgestattet mit allen Eigenschaften eines hervorragenden Lehrers, wusste er seine Vorlesungen in ganz besonderem Masse anziehend und lehrreich zu gestalten; keine Mühe liess er sich verdriessen, dem gediegenen Inhalt eine schöne Form zu geben; mit peinlicher Gewissenhaftigkeit arbeitete er seine Vorträge um, sobald dadurch irgend eine Verbesserung angestrebt werden konnte; durch geschickt gewählte praktische Beispiele sollten die mehr abstrakten Partien dem Hörer zugänglicher gemacht werden.

Sein angeborenes, pädagogisches Geschick kam ihm besonders auch als Übungsleiter zu statten; mit grösster Umsicht traf er die Wahl des geeigneten Materials und organisierte meist selbst den Arbeitsgang. Hier trat er in nähern persönlichen Verkehr mit seinen Studierenden, die daraus reiche Belehrung schöpften.

Eine gewaltige Arbeitslast hatte er seinen starken Schultern aufgeladen; nichts war ihm zu viel, sobald er die studierende Jugend fördern zu können glaubte. Er war ein Lehrer im besten Sinne des Wortes, mit einem schier übermässig entwickelten Pflichtbewusstsein, der anzuregen und zu begeistern verstand. Und als solcher fand er auch uneingeschränkte Anerkennung bei der leitenden Schulbehörde, bei seinen Kollegen und bei den Studierenden.

Dass diese umfassende Lehrtätigkeit eine Manneskraft fast voll beanspruchte, ist nicht zu verwundern; trotzdem war es ihm möglich, seine Wissenschaft auch produktiv zu fördern. Manche schöne Arbeiten sind unter seinem Namen in der Fachliteratur niedergelegt; andere wurden auf seine Veranlassung von vorgerücktern Studierenden und von Assistenten geliefert, als Dissertationen oder

als Lösungen von Preisaufgaben der Öffentlichkeit übergeben. Wie viele seiner Schüler verdanken ihm Titel, Stellung und Fortkommen.

Aber auch in andern Richtungen hat Herzog dem Polytechnikum Dienste geleistet; so war er mehrere Jahre Vorstand der mechanisch-technischen Abteilung; das Vertrauen des Lehrerkollegiums und des Schulrates berief ihn im Jahre 1895 in das verantwortungsvolle Amt des Direktors. Gegen den Schluss seiner vierjährigen Direktorialtätigkeit hat er sich selbst noch ein bleibendes Denkmal gesetzt: die Witwen- und Waisenkasse der Lehrerschaft des eidgenössischen Polytechnikums. Wir schmälern die Verdienste anderer nicht, wenn wir ihn als deren Gründer bezeichnen; seiner Initiative und seinen unablässigen Bemühungen verdankt die junge Institution ihr rasches Gedeihen.

Den weitblickenden und tatkräftigen Mann suchte man, wie leicht begreiflich, auch anderwärts in Anspruch zu nehmen. Die Gemeinde Hottingen, in der er seinen Wohnsitz aufgeschlagen hatte, wählte ihn zum Präsidenten der Schulpflege, der seine reichen Erfahrungen in pädagogischen und Personen-Fragen wohl zu statten kamen. Als im Jahre 1893 die Vereinigung Zürichs mit den Ausgemeinden erfolgte, wurde ihm das Amt eines Präsidenten der Kreisschulpflege V übertragen, das in der Übergangsperiode besonders hohe Anforderungen an den Inhaber stellte und diesen mit Arbeit überhäufte Auch da hat er seinen Mann gestellt.

Eine Amtsperiode lang sass er im Grossen Stadtrat und ward dort bald Mitglied wichtiger Kommissionen.

Längere Zeit gehörte Herzog auch dem Ausschuss der G. e. P. als eifriges Mitglied an und leistete darin zur Zeit der Reorganisationsbestrebungen, Ende der 1870er und Anfang der 1880er Jahre treffliche Dienste.

So reich wie sein Wirken im Lehrberuf und in der Öffentlichkeit war auch sein Familienleben, in dem er das höchste Glück empfand, und ebenso seine Beziehungen zu den Freunden.

Ein goldlauterer Charakter, bis in die tiefsten Herzensfalten ohne Falsch, treu in Freud und Leid, von nie wankender Beständigkeit und Zuverlässigkeit. Wer einmal sein Vertrauen besass und sich dessen würdig zeigte, der konnte auf ihn bauen in allen Lebenslagen. Ein Kämpfer für Wahrheit und Recht! Auf geradem Wege marschierte er auf das von ihm als richtig erkannte Ziel los, ohne Nebenabsichten; Hindernisse besiegte er mit der Wucht seiner Rede und der mutigen Tat und mit offenem Visier. Unedles oder gar unlauteres Wesen war ihm ebenso verhasst, wie zudringliche Streberei; wo sich solche zum Schaden der guten Sache breit zu machen suchten, kämpfte er rücksichtslos dagegen an, je nach der Natur des Gegners, bald mit Sarkasmus, bald in anderer Weise.

Ein anregender Gesellschafter mit hochentwickeltem Erzählertalent. Wie viele fröhliche und glückliche Stunden bereitete er seinen Freunden durch Auskramen seiner reichen Schätze, durch seinen goldigen Humor, durch sein treuherziges und aufrichtiges Mitempfinden.

Nicht zuletzt ein Freund der Natur! Auf Spaziergängen an den Hängen des Zürichberges oder an andern Gegenden, besonders aber in der Sommerfrische in den höhern Lagen, suchte und fand er reichen Genuss an landschaftlichen Bildern und andern Darbietungen der Natur. Er zählte nicht zu den

lauten Bewunderern; still sog er die Eindrücke in sich auf und gestärkt und verjüngt kehrte er jeweilen in seine Studierstube zurück.

Wir, seine Freunde, stehen heute vereinsamt. Gross ist die Lücke, schwer der Verlust. Wir werden uns zu trösten suchen in der Erinnerung, der gute Freund wird in unserem Gedächtnisse fortleben, bis auch unsere Stunde schlägt.

Seine Werke, seine Taten, die bleiben uns, die bleiben der Nachwelt. Als köstliches Vermächtnis werden sie in Ehren hochgehalten von seinen Angehörigen, seinen Freunden und allen, die in den Bannkreis seiner Persönlichkeit traten!"

## Rudolf Brunner (1850—1909, Mitglied der Gesellschaft seit 1877).

Rudolf Brunner*) war der einzige Sohn des sel. Herrn Landschreiber Brunner der während Jahrzehnten hier mit grosser Gewissenhaftigkeit und Sachkenntnis seines Amtes gewaltet hat und daher bei den ältern Einwohnern unseres Dorfes in gutem Andenken steht. Der soeben Dahingeschiedene hatte von seinen Eltern eine sorgfältige Erziehung erhalten; nach Absolvierung der hiesigen Schulen besuchte er das Polytechnikum, wo er chemischen Studien oblag und dieselben auch während einigen Jahren in einem industriellen Geschäfte verwertete. Bald zeigte es sich jedoch, dass dieser Beruf seiner Gesundheit nicht zusagte, sein Vater war inzwischen gestorben und der Sohn kehrte nun in das elterliche Haus zu seiner Mutter zurück. Obschon Herr Brunner hier sehr zurückgezogen lebte, wurden seine Mitbürger bald auf den tüchtigen, jungen Mann aufmerksam. In der Rechnungsprüfungskommission, später im Gemeinderate, in der Sekundarschulpflege und sodann in der Bezirksschulpflege leistete er, je während einigen Amtsdauern, durch seine fleissige Arbeit und gewissenhafte Wirksamkeit der Einwohnerschaft vortreffliche Dienste. Hatte er eine Aufgabe übernommen, so wusste man, dass dieselbe mit allem Fleisse gelöst wurde.

Die Stelle eines Sparkasseverwalters war durch den sel. Hinschied des bisherigen Inhabers frei geworden und Herr Brunner liess sich bewegen, dieses mit grosser Arbeit verbundene Amt zu übernehmen. Während 23 Jahren (von 1883 bis 1906) waltete er desselben zu allgemeiner Zufriedenheit. Seine Rechnung und Buchführung war jeweilen ein Muster von Genauigkeit und Sauberkeit und die strengste Revision förderte keine Fehler zu Tage. Der Verkehr mit den Einlegern und Debitoren war ein sehr freundlicher, manches gute Wort wurde da ausgetauscht und auf Befragen hin mancher treffliche Rat erteilt. Jedermann fühlte es gleich heraus, dass in diesem Manne nicht nur Intelligenz wohnte, sondern auch ein wohlwollendes Herz schlug; er war ein lauterer Charakter, jederzeit bereit, seinen Mitmenschen beizustehen. Den Militärpflichten hatte sich unser Freund nicht entschlagen, gerne erfüllte er hier seine Obliegenheiten und avancierte bis zum Hauptmann bei den Verwaltungstruppen.

R. Brunner verfügte nie über eine starke Gesundheit, aber durch eine sehr regelmässige Lebensweise und tägliche Bewegung in frischer Luft gelang es ihm, während vielen Jahren das Krankenbett ferne zu halten. In

*) Der nachfolgende von Herrn Nat.-Rat Abegg verfasste Nachruf war in Nr. 70 der Zürichsee-Zeitung erschienen.

müssigen Stunden pflegte er gerne die Malerei und die Lektüre wissenschaftlicher Werke. An den engern und weitern Tagesfragen nahm er regen Anteil und mitunter äusserte er seine Ansichten mit gewandter Feder.

Vor bald drei Jahren stellte sich eine schwere Krankheit ein und infolgedessen sah sich Brunner genötigt, die Stelle als Sparkasseverwalter niederzulegen; bereitwillig unterzog er sich einer sehr schmerzhaften Operation, sie brachte ihm vorübergehende Erleichterung, er konnte sich wieder seines Daseins freuen, aber eine völlige Genesung und Erstarkung war nicht eingetreten.

Treu hat der sel. Dahingeschiedene seine Pflichten als Mensch und Bürger immer erfüllt; dankbar legen wir diese Blume auf sein Grab. Er ruhe im Frieden aus von seinem Tagewerke!

# Sitzungsberichte von 1909.

### Sitzung vom 11. Januar 1909 auf Zimmerleuten.

Beginn 8 Uhr. Vorsitzender: Herr Prof. Dr. M. Standfuss.

Das Protokoll der letzten Sitzung wird verlesen und genehmigt.

Herr Prof. Standfuss teilt mit, dass der Vorstand auf eine Anregung der Herren Professoren Schröter und Früh hin beschlossen hat, einen Extra-Vortrag im Rathaussaal zu veranstalten, dessen Ertrag den durch die Erdbebenkatastrophe in Unteritalien Geschädigten zufliessen soll.

Die Gesellschaft hat durch den Tod verloren: Herrn Theodor Ernst, Optiker. Zu Ehren des Verstorbenen erhebt sich die Versammlung von ihren Sitzen.

Zum Eintritt in die Gesellschaft hat sich angemeldet: Herr Dr. med. Hans W. Meyer, Arzt am Burghölzli, empfohlen durch Herrn Prof. Dr. Hans Schinz.

Fräulein Dr. Hezner und Herr Dr. Tschulok werden einstimmig als Mitglieder in die Gesellschaft aufgenommen.

Herr Prof. Dr. Rudio spricht über die von der Schweizer. Naturforschenden Gesellschaft geplante Gesamtausgabe von Leonhard Eulers Werken. Er stellt den Antrag auf Wahl einer Kommission durch den Vorstand der Naturforschenden Gesellschaft Zürich zur wirksamen Propaganda für die Gesamtausgabe von Eulers Werken in der Bevölkerung Zürichs. Der Antrag wird ohne Diskussion angenommen.

Herr Prof. Dr. Schweitzer hält einen Vortrag über die Radioaktivität der Heilquellen der Schweiz.

An der Diskussion beteiligen sich die Herren Dr. Osswald und Prof. Heim und der Vortragende.

Schluss der Sitzung 10 Uhr.

### Sitzung vom 25. Januar 1909 auf Zimmerleuten.

Beginn 8 Uhr. Vorsitzender: Herr Prof. Dr. M. Standfuss.

Nach der Verlesung und Genehmigung des Protokolls der letzten Sitzung macht der Vorsitzende die Mitteilung, dass der Rathausvortrag zugunsten der Erdbebengeschädigten die Summe von Fr. 400.— ergeben hat, die der Schweiz. Gesellschaft vom roten Kreuz zugeführt worden ist. Dem Vortragenden Herrn, Prof. Dr. Früh, den Veranstaltern und Mithelfern Herren Prof. Dr. Schröter. Photograph Emil Ganz, der hoh. Regierung, der Schweiz. Meteorolog. Station, den Herren Zürcher & Furrer und Rascher & Cie. spricht er den wärmsten Dank der Gesellschaft aus.

Es wünschen in unsere Gesellschaft aufgenommen zu werden die Herren

1. Stud. phil. Gregor Lebedinsky, empfohlen durch die Herren Professoren Lang und Standfuss
2. Dr. Cherbuliez, Dozent für Physik am Polytechnikum, eingeführt von Herrn Prof. Rudio.

Herr Dr. Hans W. Meyer wird einstimmig in die Gesellschaft aufgenommen.

Herr Privatdozent Dr. Arnold Heim demonstriert die photographische Darstellung kleiner paläontologischer Objekte.

Herr Prof. Dr. Standfuss hält einen Demonstrationsvortrag über die Ergebnisse von Zuchtexperimenten mit Lepidopteren-Mutationen.

Herr Prof. Dr. Schellenberg spricht über sectoriale Spaltung beim Mais.

Schluss der Sitzung 10 Uhr.

**Sitzung vom 8. Februar 1909 auf Zimmerleuten.**

Beginn 8 Uhr. Vorsitzender Herr Prof. Dr. M. Standfuss.

Das Protokoll der letzten Sitzung wird verlesen und genehmigt. Die Herren Lebedinsky und Dr. Cherbuliez werden einstimmig als Mitglieder in die Gesellschaft gewählt.

Herr Prof. Dr. U. Grubenmann hält einen Vortrag betitelt: Die grossen Eisenerzlagerstätten im schwedischen Lappland.

An der Diskussion beteiligen sich die Herren Nationalrat Fritschi, Dir. Huber, Prof. Lunge und der Vortragende.

Schluss der Sitzung 10 Uhr.

**Sitzung vom 22. Februar 1909 auf Zimmerleuten.**

Beginn 8 Uhr. Vorsitzender Herr Prof. Dr. M. Standfuss.

Das Protokoll der letzten Sitzung wird verlesen und genehmigt. Als Präsident der Eulerkommission bittet Herr Prof. Rudio um günstige Aufnahme des Aufrufes zur Zeichnung von Beiträgen für die Herausgabe von Eulers Werken.

Herr Prof. Dr. E. Bleuler hält einen Vortrag über: Hereditärverhältnisse beim Menschen.

An der Diskussion beteiligt sich Herr Dr. Steiger.

Schluss der Sitzung 10 Uhr.

**Sitzung vom 8. März 1909 auf Zimmerleuten.**

Beginn 8 Uhr. Vorsitzender Herr Prof. Dr. M. Standfuss.

Das Protokoll der letzten Sitzung wird verlesen und genehmigt. Herr Escher-Kündig hält einen Vortrag über Vorweisungen und Bemerkungen zu Schmarotzerfliegen der alten und neuen Welt, seine Ausführungen mit vielen Demonstrationen unterstützend.

An der Diskussion beteiligen sich die Herren Dr. v. Schulthess und Prof. Dr. Standfuss.

Schluss der Sitzung 10 Uhr.

**Hauptversammlung vom 24. Mai 1909 auf Zimmerleuten.**

Beginn 6¼ Uhr. Vorsitzender: Herr Prof. Dr. K. Hescheler.

Herr Vizepräsident Prof. Hescheler eröffnet die Sitzung mit dem Ausdruck des Bedauerns, dass der Präsident Herr Prof. Standfuss aus Gesundheitsrücksichten der Sitzung fern bleiben müsse.

Die per Zirkular mitgeteilte Traktandenliste wird genehmigt, ebenso das Protokoll der letzten Sitzung.

Der Quästor Herr Dr. Kronauer verliest den Rechnungsbericht für das Jahr 1908. Die Einnahmen der Naturforschenden Gesellschaft im Jahre 1908 betrugen Fr. 13302.98.

Nämlich:

| | | |
|---|---|---|
| Zinsen von Kapitalien | Fr. | 4,317.75 |
| Verkauf von Neujahrsblättern | „ | 591.98 |
| Beiträge der Mitglieder | „ | 4,888.— |
| Verkauf von Katalogen | „ | 52.— |
| Verkauf der Vierteljahrsschrift | „ | 243.25 |
| Beiträge von Behörden und Gesellschaften | „ | 3,200.— |
| Allerlei | „ | 10.— |

Ausserordentliche Einnahmen von Legaten und drgl. sind leider nicht zu verzeichnen, dagegen ist mit Dank zu erwähnen, dass der Verfasser des Neujahrsblattes Herr Prof. Hescheler, sowie verschiedene Autoren von in der Vierteljahrsschrift erschienenen Abhandlungen durch Beiträge die Druckkosten haben vermindern helfen.

Die Ausgaben betrugen Fr. 14.154.14, nämlich:

| | | |
|---|---|---|
| für Bücher | Fr. | 4,430.90 |
| für Buchbinderarbeiten | „ | 1,278.80 |
| für das Neujahrsblatt netto | „ | 563.60 |
| für die Vierteljahrsschrift | „ | 4,591.20 |
| für Katalogisierungsarbeiten | „ | 10.24 |
| für Miete und Heizung | „ | 124.80 |
| für Besoldungen | „ | 2,517.20 |
| für Verwaltung | „ | 627.25 |
| für Allerlei | „ | 10.15 |

Gegenüber dem Voranschlag ergibt sich für die Einnahmen ein Mehrbetrag von Fr. 202.98, herrührend von einem etwas grösseren Ertrag des Neujahrsblattes und der Vierteljahrsschrift. Die Ausgaben dagegen überschreiten den Voranschlag um Fr. 1054.14. Zu diesem Ueberschuss trugen hauptsächlich bei: der Posten Bücher und Büchereinbände mit Fr. 500.—, der Posten Vierteljahrsschrift mit Fr. 400.—, das Neujahrsblatt mit Fr. 60.—, der Posten Verwaltung mit Fr. 100.—, wobei zu bemerken ist, dass die Kosten der Vierteljahrsschrift brutto Fr. 5581.— betragen haben, die des Neujahrsblattes Fr. 763.—, die aber durch die schon erwähnten Beiträge der Autoren um ca. Fr. 1000.— reduziert wurden. Die Vermehrung der Verwaltungskosten rührt hauptsächlich daher, dass durch die den Gesellschaftsmitgliedern gewiss angenehme Einführung von Einladungskarten zu den Sitzungen die Druckkosten und Porti erhöht wurden, im übrigen erforderte die Versendung der stattlichen Hefte der Vierteljahrsschrift nicht unerhebliche Portoauslagen. Der Ueberschuss der Ausgaben über die Einnahmen beträgt Fr. 851.16. Das Gesamtvermögen der Gesellschaft auf Ende 1908 Fr. 86,704.16, wovon auf den Hauptfond Fr. 80,204.16 und auf den Illustrationsfond Fr. 6500.— entfallen. Letzterer hat sich im Jahre 1908 weder vermehrt noch vermindert.

Die Rechnungsrevisoren Herren Dr. v. Schulthess und Prof. Dr. Gysi berichten schriftlich über die Prüfung der Rechnung und die Revision der Wertschriften. Sie haben beides in allen Teilen richtig und in bester Ordnung befunden und beantragen übereinstimmend Abnahme der Rechnung unter bester Verdankung an den Quästor. Die Versammlung schliesst sich diesem Antrag an und der Herr Vorsitzende spricht dem Herrn Quästor für Bericht und Rechnung den verbindlichsten Dank der Gesellschaft aus.

Das vom Quästor entworfene und vom Vorstand beratene und genehmigte Budget für das Jahr 1909 lautet wie folgt:

Einnahmen:

| | | |
|---|---|---|
| Zinsen von Kapitalien | Fr. | 4,300.— |
| Mitglieder-Beiträge | „ | 4,800.— |
| Neujahrsblätter | „ | 400.— |
| Kataloge | „ | 50.— |
| Vierteljahrsschrift | „ | 200.— |
| Beiträge von Behörden und Gesellschaften | „ | 3,200.— |
| Allerlei | „ | 50.— |
| | Fr. | 13,000.— |

Ausgaben:

| | | |
|---|---|---|
| Bücher | Fr. | 4,200.— |
| Buchbinderarbeiten | „ | 840.— |
| Neujahrsblatt | „ | 500.— |
| Vierteljahrsschrift | „ | 4,200.— |
| Katalogisierungsarbeiten | „ | 20.— |
| Miete und Heizung | „ | 120.— |
| Besoldungen | „ | 2,500.— |
| Verwaltung | „ | 600.— |
| Allerlei | „ | 20.— |
| | Fr. | 13,000.— |

Die Einnahmen sind so eingesetzt, wie sie sich voraussichtlich gestalten werden. Für die Mitgliederbeiträge mussten Fr. 100.— weniger eingesetzt werden, wie letztes Jahr, da der starke Abgang durch Tod, Wegzug von Zürich und Austritt nicht gedeckt wird durch den Neuzuwachs von Mitgliedern. Für den Staatsbeitrag, um den jedes Jahr neu eingekommen werden muss, während die Beiträge der Stadt und der Museumsgesellschaft für eine Reihe von Jahren festgelegt sind, werden wiederum Fr. 1500.— in Aussicht genommen. Die Summe der Ausgaben wurde gleich der der Einnahmen gesetzt. Die Ansätze entsprechen im allgemeinen denjenigen des Voranschlages für 1908 und für eine Reihe von Posten den wirklichen Ausgaben des Jahres 1908, nach den Erfahrungen der letzten Jahre reichen dann aber die verfügbaren Mittel nicht, um die Bücheranschaffungen und die Vierteljahrsschrift in einer Weise zu dotieren, wie es im Interesse der Bibliothek und des damit verbundenen Tauschverkehrs wünschbar wäre. Der Berichterstatter erlaubt sich deshalb den Wunsch und die Hoffnung auszusprechen, es möchten sich wiederum den Interessen der Gesellschaft wohlgesinnte Männer finden, die durch freiwillige Beiträge der Gesellschaft in finanzieller Beziehung hülfreich beizuspringen geneigt sind.

Ohne Diskussion wird das Budget angenommen und dem Herrn Quästor bestens verdankt.

Der Aktuar Dr. E. Schoch verliest seinen Bericht über die wissenschaftliche Tätigkeit und den Bestand der Naturforschenden Gesellschaft 1908/09.

Die heutige Hauptversammlung inbegriffen wurden im Berichtsjahr neun ordentliche Sitzungen abgehalten, die alle recht gut besucht waren. In diesen Sitzungen wurden insgesamt 12 Vorträge und Demonstrationen abgehalten, die in folgende Disziplinen fallen:

1 auf Chemie, 2 auf Botanik, 3 auf Zoologie, 1 auf Mineralogie, 3 auf Paläontologie, 1 auf Geschichte der Mathematik, 1 auf Anthropologie.

a) Vorträge:

1. Prof. Dr. Alfred Ernst: In den Urwäldern am Gedehgebirge auf Java.
2. Gemeinsame Sitzung mit der botanischen Gesellschaft Dr. Brockmann-Jerosch: Neue Fossilfunde aus dem Quartär und deren Bedeutung für die Auffassung des Wesens der Eiszeit.
3. Dr. med. Ris aus Rheinau: Die Wiederbesiedelung der Alpen mit Insekten nach der Eiszeit.
4. Prof. Dr. Hescheler: Neue Ergebnisse der Säugetierpaläontologie.
5. a) Prof. Dr. Rudio: Ueber die von der schweizer. Naturforschenden Gesellschaft geplante Herausgabe von Leonhard Eulers Werken.
   b) Prof. Dr. Schweitzer: Die Radioaktivität der Heilquellen der Schweiz.
6. Prof. Dr. Grubenmann: Die grossen Eisenerzlagerstätten im schwedischen Lappland.
7. Prof. Dr. Bleuler: Hereditärverhältnisse beim Menschen.
8. Escher-Kündig: Vorweisungen und Bemerkungen zu Schmarotzerfliegen der alten und neuen Welt.

b) Demonstrationen:

1. Dr. Arnold Heim: Die photographische Darstellung paläontologischer Objekte.
2. Prof. Dr. Standfuss: Ergebnisse von Zuchtexperimenten mit Lepidopterenmutationen.
3. Prof. Dr. Schellenberg: Sektoriale Spaltung beim Mais.

Auf Anregung einiger Mitglieder wurde am 15. Januar ein ausserordentlicher öffentlicher Vortrag im Rathaus veranstaltet mit Eintrittsgebühr zugunsten der Opfer der grossen Erdbebenkatastrophe in Unteritalien. Herr Prof. Dr. Früh sprach über den gegenwärtigen Stand der Erdbebenfrage und begleitete seinen mit grossem Beifall aufgenommenen Vortrag mit Projektionsbildern. Der Ertrag des Abends, ca. 400 Fr., wurde dem Schweiz. Verein vom roten Kreuz zur Verteilung übergeben. Ueber die meisten der Vorträge erschienen Referate in der Neuen Zürcher-Zeitung, für deren Einsendung den Herren Vortragenden hiermit der Dank der Gesellschaft ausgedrückt sei.

## Vierteljahrsschrift.

Der 53. Jahrgang der Vierteljahrsschrift umfasst 647 Seiten mit 25 Abhandlungen von 17 verschiedenen Verfassern. 1 dieser Abhandlungen stammt aus dem Gebiete der Mathematik, 4 der Physik, 5 der Botanik, 2 der Chemie, 5 der Geologie, 1 der Mineralogie, 11 der Paläontologie, 1 der Medizin, 1 der Terminologie, 2 Abhandlungen sind Biographien und 2 gehören zur schweiz. Kulturgeschichte. Das Schlussheft enthält den Sitzungsbericht und den Bibliotheksbericht, sowie ein auf 31. Dezember 1908 abgeschlossenes Mitgliederverzeichnis.

## Neujahrsblatt.

Das diesjährige Neujahrsblatt auf das Jahr 1909, es ist das 111. Stück, wurde verfasst von Herrn Prof. Dr. Karl Hescheler, und trägt den Titel: Der Riesenhirsch. Es enthält 41 Seiten und 2 Tafeln nach Photographien von Dr. Arnold Heim.

Der Mitgliederbestand der Gesellschaft zeigt dem Vorjahre gegenüber folgende Veränderungen: Gestorben sind im Berichtsjahr die Herren: Dr. von Beust, Karl Gubler, Theod. Ernst Dr. Escher-Bodmer. Ausgetreten sind die Herren Dr. Eggenberger und Dr. Hommel. Neuaufgenommen wurden 11 Mitglieder. Gegenwärtig zählt die Naturforschende Gesellschaft 16 Ehrenmitglieder, 2 korrespondierende Mitglieder, 296 ordentliche Mitglieder, wovon ca. 240 den Jahresbeitrag bezahlen.

## Bibliotheksbericht.

Der Bibliothekar HerrProf. Dr. Hans Schinz verliest den Bibliotheksbericht des Jahres 1908.

Die Zahl der Entleiher betrug im Berichtsjahre 129 mit 1484 Werken (ohne die Serien bei den Herren Prof. Lang, Werner und Schinz). 1907: 116 Entleiher, 1710 Werke.) Der Lesesaal wurde durchschnittlich von 9–15 Personen täglich besucht. Anzahl der Tauschgesellschaften: a) Schweiz 41; b) Deutschland 109; c) Oesterreich-Ungarn 41; d) Holland 13; e) Dänemark, Schweden, Norwegen 20; f) Frankreich 39; g) Belgien 11; h) England 34; i) Italien 30; k) Spanien, Portugal 8; l) Russland, Rumänien 22; m) Amerika 98; n) übrige Länder 26. Total 492. (1907: 486; 1892: 284.) Eingegangen sind die Mitteilungen des Musealvereines für Krain in Laibach.

Zahl der angeschafften Periodica: Akademien, Allgemeines 31; Astronomie, Meteorologie 4; Botanik 16; Geographie, Ethnographie 9; Geologie, Petrographie, Mineralogie, Palaeontologie 20; Mathematik 14; Physik, Chemie 16; Zoologie 17. Zusammen 127. (1897: 127.)

Eine Revision hatte im Jahre 1908 nicht stattzufinden.

Von den gemeinsamen Zuwachsverzeichnissen der stadtzürcherischen Bibliotheken sind im Jahre 1908 erschienen: 1907 Jahrgang XI. Heft 2 bis 4.

Der Verkehr mit dem Lesemuseum, die Mappenzirkulation und der Tauschverkehr geben zu keinen Bemerkungen Anlass.

Aktuariats- und Bibliotheksbericht werden genehmigt und den Berichterstattern bestens verdankt.

## Wahlen.

Als Delegierte an die Jahresversammlung der Schweiz. Naturforschenden Gesellschaft in Lausanne werden, da an dieser Tagung über die Herausgabe von Leonhard Eulers Werken Beschluss gefasst wird, 2 Mitglieder der Eulerkommission vorgeschlagen und gewählt; es sind dies die Herren E. Huber-Stockar und Dr. G. Schärtlin.

In der Diskussion wird der Vorstand eingeladen. die Frage der Vermehrung der Einnahmen neuerdings aufzurollen. Vorgeschlagen wird u. a. eine Erhöhung des Beitrages für die Benützer der Bibliothek, die Abhaltung allgemeinverständlicher Vorträge mit Eintrittspreis. Da leider immer noch nicht alle naturwissenschaftlichen Mitglieder der akadem. Lehrkörper Mitglieder unserer Gesellschaft sind, wird beschlossen, eine gedruckte Einladung zum Beitritt zu erlassen.

Herr Prof. Dr. Schinz stellt den Antrag, die Hauptversammlung statt im Mai im Januar abzuhalten. Der Vorstand wird beauftragt, den Antrag zu prüfen und in einer der ersten Wintersitzungen einen bezüglichen Bericht zu erstatten.

## Vortrag.

Herr Privatdozent Dr. Paul Arbenz hält einen von Demonstrationen begleiteten Vortrag über: Die Bohnerzformation in den Schweizer-Alpen.

Schluss der Sitzung 8 Uhr.

### Sitzung vom 1. November 1909 auf Zimmerleuten.

Beginn 8 Uhr. Vorsitzender: Herr Prof. Dr. Standfuss.

Der Vorsitzende begrüsst die Anwesenden zur ersten Wintersitzung und dankt den die Naturforschende Gesellschaft subventionierenden Behörden für ihre neuerdings gewährten Beiträge. Ferner erwähnt er der Feier des 70. Geburtstages von Herrn Prof. Dr. G. Lunge, dem er telegraphisch die Glückwünsche unserer Gesellschaft übermittelt hat.

Personalveränderungen: Im Laufe des Sommers sind gestorben die Herren: Prof. Dr. Herzog, Joh. Rud. Brunner in Küsnacht und Dr. Escher-Bodmer. Die beiden letzteren haben unserer Gesellschaft je Fr. 500 testiert. Zu Ehren der Verstorbenen erhebt sich die Versammlung von ihren Sitzen.

Ausgetreten ist Herr Prof. Gouzy. Zur Aufnahme in die Gesellschaft haben sich angemeldet die Herren Dr. Th. Herzog von Freiburg i. B., empfohlen durch die Herren Prof. Schröter und Standfuss und Rud. Leuzinger von Glarus, empfohlen durch Herrn Prof. Standfuss.

Das Protokoll der Hauptversammlung wird verlesen und genehmigt.

Herr Prof. Rudio teilt mit, dass die Sammlung für die Herausgabe von Leonhard Eulers Schriften über Erwarten günstig ausgefallen ist, so dass nun die Ausführung des grossen Werkes vollständig gesichert erscheint. Er dankt allen Mitwirkenden, besonders den Mitgliedern der Eulerkommission für ihre Mithülfe. Zu seinem Erfolge wird Herr Prof. Rudio vom Vorsitzenden Namens der Gesellschaft lebhaft beglückwünscht.

Herr Dr. Gogarten hält einen Vortrag über „Die Entstehung der alpinen Randseen". Die Diskussion wird benützt von Herrn Prof. Heim.

Schluss der Sitzung 10 Uhr.

### Sitzung vom 15. November 1909 auf Zimmerleuten.

Beginn 8 Uhr. Vorsitzender: Herr Prof. Dr. Standfuss.

Das Protokoll der letzten Sitzung wird verlesen und genehmigt. Die Herren Dr. Herzog und Leuzinger werden einstimmig in die Gesellschaft aufgenommen. Herr Dr. Herzog hält einen Vortrag betitelt: Reisebilder aus Ost-Bolivia.

Schluss der Sitzung 9¾ Uhr.

### Sitzung vom 29. November 1909 auf Zimmerleuten.

Beginn 8 Uhr.

Das Protokoll der letzten Sitzung wird verlesen und genehmigt. Herr Dr. K. Bretscher hält einen Vortrag über: Die Massnahmen zur Erhaltung unserer Vogelwelt (mit Demonstrationen). An der Diskussion beteiligen sich die Herren Lehrer Graf, Prof. Standfuss, Dr. Fick, Präparator Nägeli und der Vortragende.

Schluss der Sitzung 10 Uhr.

**Sitzung vom 13. Dezember 1909 auf Zimmerleuten.**

Beginn 8 Uhr. Vorsitzender: Herr Prof. Dr. Standfuss.

Das Protokoll der letzten Sitzung wird verlesen und genehmigt. Zur Aufnahme in die Gesellschaft hat sich, empfohlen durch die Herren Prof. Heim und Dr. Arbenz, angemeldet: Herr Berend G. Escher, cand. geol. v. Gorichem, Holland. Herr Dr. Arnold Heim hält einen Vortrag über die Geologie von Nordwest-Grönland. Diskussion: Prof. Heim und der Vortragende. Herr Dr. Em. Bäbler spricht über die tierischen Bewohner der nivalen Region West-Grönlands verglichen mit denen unserer Alpen. An der Diskussion beteiligen sich die Herren Dr. de Quervain, Dr. Brockmann, Prof. Standfuss und der Vortragende. Beide Vorträge sind von Demonstrationen begleitet.

Schluss der Sitzung 10 Uhr.

Der Aktuar:
Emil Schoch.

# Bibliotheksbericht von 1909.

**Der Bibliothek sind vom 15. Dezember 1908 bis zum 15. Dezember 1909 nachstehende Schriften zugegangen:**

## A. Geschenke.

*Von Herrn G. Claraz, Zürich:*

Revue scientifique, Paris, 5e série, 1908, 2e sémestre, nos. 17—26; 1909, 1er sémestre, nos. 1—26; 2e sémestre, nos. 1—19.

*Von der Verlagsbuchhandlung Engelmann, Leipzig:*

(für den † Herrn Geh.-Rat Prof. Dr. Alb. v. Kœlliker, Würzburg)

Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie, Bd. XCII, Heft 1—4; Bd. XCIII Heft 1—4.

*Von Herrn Prof. Dr. J. Heuscher, Zürich V:*

Schweizer. Fischereizeitung 1908, Bd. XVI, No. 11—12; 1909, Bd. XVII No. 1—10.

J. Heuscher: Die Entwicklung der Fischerei auf dem Zürichsee. Vortrag. Pfäffikon (Zürich), 1908.

*Von Herrn Prof. Dr. A. Wolfer, Sternwarte, Zürich:*

Astronomische Mitteilungen No. XCIX. Zürich, 1908.

*Von Herrn Prof. Dr. Albert Heim, Zürich V:*

12 Einzelnummern aus russischen Zeitschriften.

*Von Herrn Dr. Otto Schlaginhaufen, Simpsonhaven (Deutsch-Neuguinea):*

Die Rand-Butam des östlichen Süd-Neu-Mecklenburg. SA. o O. 1908.

Geographisches und Sprachliches von den Feni-Inseln. SA. Braunschweig, 1909.

Ein Besuch auf den Tanga-Inseln. SA. Braunschweig, 1908.

Orientierungsmärsche an der Ostküste von Süd-Neu-Mecklenburg. SA. Berlin, 1909.

Streifzüge in Neu-Mecklenburg und Fahrten nach benachbarten Inselgruppen. SA. o O. 1908.

*Von der Stadtbibliothek, Zürich I:*

Scottish Geographical Magazine, vol. I—X (komplett, mit Ausnahme von vol. VI Heft 7). Edinburgh, 1885—1894.

8 Dissertationen der phil. Fakultät der Universität Königsberg i. Pr. aus den Jahren 1908—09.

30 Dissertationen der phil. Fakultät der Universität Bern aus den Jahren 1908—09.

*Von Herrn A. Ritter, Freyastr. 19, Zürich III:*

Poncelet: Über die Stabilität der Erdbekleidungen und deren Fundamente. Aus dem Französischen und mit einem Anhange von J. W. Lahmeyer. Braunschweig, 1844.

*Von Herrn Hermann Büeler, Ingenieur, Zürich II:*

Chemisch-metallurgisches Laboratorium. Erste schweizer. Versuchs- und Untersuchungs-Anstalt für Berg-, Hütten- und Giesserei-Wesen. Prospekt. Zürich, 1909.

*Von Herrn Dr. Eduard Helgers, Bern:*

Die Lohnerkette. Eine geotektonische Skizze. Bern, 1909.

*Von Herrn J. Laager, Mollis:*

Gottfried Heer: Glarnerische Naturkundige. III. J. Rud. Steinmüller. IV. Joh. Jak. v. Tschudi. SA. Glarus, 1908—1909.

*Von Herrn Dr. L. Gustav Du Pasquier, Privatdozent, Zürich:*

Leonhard Eulers Verdienste um das Versicherungswesen. SA. Zürich, 1909.
Les travaux de Léonard Euler concernant l'assurance. Extrait. Berne, 1909.

*Von Herrn Dr. H. Schwarz, Zürich:*

La théorie de coordination de M. A. Werner et son importance pour la chimie minérale. Extrait. Paris, 1909.

*Von Herrn Prof. Dr. F. Rudio, Zürich V:*

Kleine Mitteilungen. Kleine Bemerkungen zur letzten Auflage von Cantors „Vorlesungen über Geschichte der Mathematik". SA. o O. u. J.

*Von Herrn Dr. Rob. Rud. Schmidt, Geolog. Institut, Tübingen:*

Das Aurignacien in Deutschland. SA. Würzburg, 1909.

*Von Herrn Dr. Ulrico Hoepli, Libreria, Milano:*

Opere matematiche di Franc. Brioschi, tomo V (ultimo). Milano, 1909.

*Von Frau Frey-Schlaepfer, Asylstr. 74, Zürich V:*

12 Bände der Zeitschrift „La Nature" aus den Jahren 1891—1903.

*Von Herrn Prof. Dr. Arnold Lang, Rigistrasse, Zürich IV:*

Agricultural Gazette of New South Wales, vol. XIX, 1908.

*Von Herrn N. Lebedinsky in Zürich V:*

Hilmar v. Schönfeldt: Diatomaceae Germaniae. Die deutschen Diatomeen des Süsswassers und des Brackwassers. Berlin, 1907.

*Von Herrn Dr. Leo Wehrli, Hochstr. 60, Zürich V:*

Geologisches über die Stadt Zürich und ihre Umgebung. SA. Zürich, 1909.

*Von Ungenannt:*

W. Rheinhard: Der Mensch als Tierrasse und seine Triebe. Beiträge zu Darwin und Nietzsche. Leipzig, o. J.

## B. Im Tausch gegen die Vierteljahrsschrift.

### *a) Schweiz.*

Aarau. Aarg. naturforschende Gesellschaft, Mitteilungen, Heft XI.

Basel. Naturforsch. Gesellschaft, Verhandlungen, Bd. XX, Heft 1.

Bern. Schweiz. naturforsch. Gesellschaft. Verhandlungen, Bd. XCI, 1908, Teil 1—2; Geologische Kommission: Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz, neue Folge Bd. XXIX, Teil 2; Geologische Karte der Schweiz, No. 7—8; Kartenbeilagen 45, 49, 52.

Bern. Eidgen. Oberbauinspektorat, Hydrometrische Abteilung: Schweizer. hydrometrische Beobachtungen, Hauptergebnisse 1895—1898, 1905; Graphische Darstellung der schweizer. hydrometrischen Beobachtungen 1907.

Bern. Naturforschende Gesellschaft Bern, Mitteilungen, 1908, No. 1665-1700.

Bern. Schweizer. botanische Gesellschaft, Beiträge zur Kryptogamenflora der Schweiz. Bd. III, No. 1.

Chur. Naturforschende Gesellschaft Graubündens, Jahresberichte, neue Folge Bd. LI, 1908—09.

Fribourg. Société fribourgeoise des sciences naturelles, Comptes-rendus, vol. XCI 1908; Mémoires: Botanique, vol. II, fasc. 4; III, fasc. 1; Géologie et Géographie, vol. VI; Chimie, vol. III, fasc. 2; Bactériologie, vol. I, fasc. 1; Bulletin 1905—1906, vol. XIV; 1907—08, vol. XVI.

Genève. Société helvétique des sciences naturelles, Compte-rendu des travaux, Session XXXVI, fasc. 1.

Genève. Société de physique et d'histoire naturelle, Mémoires, vol. XXXV, fasc. 4.

Lausanne. Société vaudoise des sciences naturelles, Bulletin, 5e série, vol. XLIV, No. 163—164; XLV, No. 165—166.

Locarno. Società ticinese di Scienze naturali, Bollettino, vol. I—IV.

Neuchâtel. Société neuchâteloise des sciences naturelles, Bulletin, vol. XXXV, 1907—08.

Neuchâtel. Société Neuchât. de géographie, Bulletin, tome XIX, 1908.

St. Gallen. Naturwissenschaftl. Gesellschaft, Jahrbuch 1907.

Schaffhausen. Schweizerische entomologische Gesellschaft, Mitteilungen, Bd. XI, Heft 9.

Winterthur. Stadtbibliothek, Neujahrsblatt für 1909.

Winterthur. Naturf. Gesellschaft, Mitteilungen, Heft VII, 1907—08.

Zürich. Schweizer. Ingenieur- und Architektenverein, Schweizer. Bauzeitung 1908, Bd. LII., No. 21—26; 1909, Bd. LIII, No. 1-26; Bd. LIV, No. 1—20.

Zürich. Zuwachsverzeichnis der zürcher. Bibliotheken, Jahrgang 1908, Bd. XII, No. 1—4.

Zürich. Stadtbibliothek, Jahresbericht 1908; Alphabetisches Schlagwortverzeichnis mit Schema der systemat. Übersicht zum Schlagwortkatalog der Stadtbibliothek Zürich. 1909.

Zürich. Schweizer. meteorologische Zentralanstalt, Annalen, 1907. Bd. XCIV.

Zürich. Museumsgesellschaft, Jahresbericht 1908 und Beilage.

Zürich. Sternwarte des eidgen. Polytechnikums, Publikationen, Bd. IV.

Zürich. Zentralkatalog, Jahresbericht 1908, Heft X.

Zürich. Schweizer. Landesmuseum, Jahresbericht 1908.

### *b) Deutschland.*

Augsburg. Naturwissenschaftl. Verein für Schwaben und Neuburg, Bericht, Bd. XXXVIII, 1908.

Berlin. Deutsche chemische Gesellschaft, Bericht, Jahrgg. XLI, No. 16—19; XLII, No. 1—15.

Berlin. Gesellschaft Naturforschender Freunde, Sitzungsberichte 1908, No. 7—10; 1909, No. 1—7; Archiv für Biontologie, Bd. II, Heft 2.

Berlin. Deutsche geologische Gesellschaft, Zeitschrift, Bd. LX, Heft 4; LXI, Heft 1—3.

Berlin. Kgl. preuss. Akademie der Wissenschaften, Sitzungsberichte 1908, No. 40—53; 1909, No. 1—39.

Berlin. Botanischer Verein der Provinz Brandenburg, Verhandlungen, Jahrg. L, 1908.

Berlin. K. preussische geologische Landesanstalt und Bergakademie, Jahrbuch 1905, Bd. XXVI.

Berlin. Naturwissenschaftlicher Verein für Neu-Vorpommern und Rügen in Greifswald, Mitteilungen, Jahrg. XL, 1908.

Bonn. Naturhistorischer Verein. Verhandlungen, Jahrg. LXV, 1908, Teil 1—2 Sitzungsberichte 1908, 1. und 2. Hälfte.

Braunschweig. Deutsche physikalische Gesellschaft, Verhandlungen, Jahrg. X, No. 11—24; XI, No. 1—19.

Bremen. Naturwissenschaftlicher Verein, Abhandlungen, Bd. XIX, Heft 3 und Beilage.

Bremen. Deutsches meteorologisches Jahrbuch für 1908.

Breslau. Schlesische Gesellschaft für vaterländische Kultur, Jahresbericht Bd. LXXXV, 1907; LXXXVI, 1908.

Colmar. Naturhistor. Gesellschaft, Mitteilungen, neue Folge, Bd. IX, 1907—08.

Darmstadt. Verein für Erdkunde und geologische Landesanstalt, Notizblatt, 4. Folge, Heft XXIX, 1908.

Donaueschingen. Verein für Geschichte und Naturgeschichte der Baar, Schriften, Heft XII, 1909.

Dresden. Naturwissenschaftliche Gesellschaft „Isis", Sitzungsberichte und Abhandlungen, 1908, Juli-Dezember; 1909, Januar-Juni.

Dresden. Genossenschaft „Flora", Sitzungsberichte und Abhandlungen, n. Folge, Bd. X—XI, 1905—1907, und Beilage.

Dresden. Verein für Erdkunde, Mitteilungen, Heft 7—9.

Dresden. Gesellschaft für Natur- und Heilkunde, Jahresbericht 1907—08.

Dürkheim. Polichia, Naturwissenschaftl. Verein, Mitteilungen, No. 24, 1908.

Elberfeld. Naturwissenschaftl. Verein, Jahresbericht, Heft XII und Beilage.

Emden. Naturforschende Gesellschaft, Jahresbericht Bd. 92, 1906—07.

Erlangen, Physikal.-medizinische Societät, Sitzungsberichte, Bd. XXXIX—XL, 1907—08; Festschrift 1908.

Frankfurt a. M. Senckenbergsche naturforschende Gesellschaft, Abhandlungen, Bd. XXIX, Heft 3—4; Bericht 1908, 1909.

Frankfurt a. M. Physikalischer Verein, Jahresbericht 1907—08 und Beilage.

Freiburg i. B. Naturforsch. Gesellschaft, Berichte, Bd. XVII, Heft 2.

Fulda. Verein für Naturkunde, Bericht, Bd. IX. 1898—1909.

Giessen. Oberhess. Gesellschaft für Natur- und Heilkunde, Bericht, naturwissenschaftl. Abteilung, Bd. II, 1907—08; Medizin. Abteilung, neue Folge, Bd. III—IV.

Görlitz. Naturforschende Gesellschaft, Abhandlungen, Bd. XXVI.

Göttingen. K. Gesellschaft der Wissenschaften, Nachrichten, mathemat.-naturwissenschaftliche Klasse, 1908, Heft 4; 1909, Heft 1—2; Geschäftliche Mitteilungen 1908, Heft 2; 1909, Heft 1.

Greifswald. Geographische Gesellschaft, Jahresbericht, Bd. XI, 1907—08.

Halle. Verein für Erdkunde, Mitteilungen, Jahrgang XXXII, 1908.

Halle. Kaiserl. Leopoldinisch-Carolin. deutsche Akademie der Naturforscher, Leopoldina, Heft XLIV, No. 10—11; XLV, No. 1—9; Nova Acta, Bd. 88—89.

Hamburg. Naturhistorisches Museum, Mitteilungen, Jahrg. XXV.

Hamburg. Mathematische Gesellschaft, Mitteilungen, Bd. IV, Heft 9.

Hamburg. Naturwissenschaftl. Verein, Verhandlungen 1908, 3. Folge, Bd. XVI.

Hanau. Wetterausche Gesellschaft für die gesamte Naturkunde, Festgabe für 1908 von Dr. Zingel.

Hannover. Naturhistor. Gesellschaft, Jahresbericht, No. LV—LVII, 1904—07.

Heidelberg Naturhistor.-Medizin. Verein, Verhandlungen, neue Folge, Bd. VIII, Heft 5; IX, Heft 1—4; X, Heft 1—2.

Hirschberg i. Schl. Deutscher und österreichischer Riesengebirgs-Verein, Der Wanderer im Riesengebirge, No. 314—325.

Karlsruhe. Grossherzogl. Sternwarte zu Heidelberg, Veröffentlichungen, Bd. V; Mitteilungen, Heft VIII—XVIII.

Karlsruhe. Kaiserl. Universitätssternwarte in Strassburg, Annalen, Bd. III.

Karlsruhe. Astrophysikal. Observatorium Königstuhl-Heidelberg, Publikationen, Bd. III, No. 4—6.

Karlsruhe. Naturwissenschaftlicher Verein, Verhandlungen, Bd. XXI, 1907—08.

Kiel. Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere in Kiel und der biologischen Anstalt auf Helgoland, Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen, Abt. Helgoland, neue Folge, Bd. IX, Heft 1; Abt. Kiel, neue Folge, Bd. X, Ergänzungsheft.

Kiel. Naturwiss. Verein für Schleswig-Holstein, Schriften, Bd. XIV, Heft 1.

Königsberg. Physikal.-ökonom. Gesellschaft, Schriften, Jahrg. IL, 1908.

Leipzig. Kgl. sächsische Gesellschaft der Wissenschaften, Mathemat.-physikal. Klasse, Abhandlungen, Bd. XXX, No. 5; Berichte über die Verhandlungen, Bd. LX, No. 6—8, LXI, No. 1—3.

Leipzig. Naturforsch. Gesellschaft, Sitzungsberichte, Jahrg. XXXIV, 1907.

Lübeck. Geograph. Gesellschaft und naturhistor. Museum, Mitteilungen, 2. Reihe, Heft 22—23.

Magdeburg. Museum für Natur- und Heimatkunde, Abhandlungen und Berichte, Bd. I, Heft 4.

München. Bayer. botan. Gesellschaft, Berichte, Bd. XII, Heft 1; Mitteilungen, Bd. II, Heft 5—12.

München. K. bayer. Akademie der Wissenschaften, Mathemat.-physikal. Klasse, Abhandlungen, Supplem.-Bd. I, Abt. 1—4; Supplem.-Bd. II, Teil 1; Sitzungsberichte, 1908, Heft 2; 1909, Heft 1—3.

München. Gesellschaft für Morphologie und Physiologie, Sitzungsberichte, Bd. XXIV, 1908, Heft 2.

München. Ornithologische Gesellschaft in Bayern, Verhandlungen 1907, Bd. VIII.

München. Hydrotechnisches Bureau, Abteilung der obersten Baubehörde, Jahrbuch (zugleich Jahresbericht), Bd. IX, Heft 4; X, Heft 1—2, und Beilage,

Münster. Westphälischer Provinzial-Verein für Wissenschaft und Kunst, Jahresbericht, Bd. XXVIII—XXXVII, 1899—1909.

Mulhouse. Société industrielle, Jahresbericht 1908; Bulletin 1908, September-Dezember; 1909, Januar-August; Preisaufgaben für 1910; Procès-verbaux 1908, pag. 1—244; 1909, pag. 1—161.

Nürnberg. Naturhistor. Gesellschaft, Abhandlungen, Bd. XVII und Beilage; Jahresbericht (bezw. Mitteilungen) 1907, Bd. I, No. 1—6; 1908, Bd. II, No. 1.

Offenbach. Verein für Naturkunde, Bericht, Bd. XLIII—L, 1901—09.

Passau. Naturwiss. Verein, Bericht, Bd. XX, 1905—07.

Posen. Naturwissenschaftlicher Verein der Provinz Posen (Deutsche Gesellschaft für Kunst und Wissenschaft), Zeitschrift der botanischen Abteilung, Jahrg. XV, Heft 3—5; XVI, Heft 1—5.

Potsdam. Astrophysikalisches Observatorium, Publikationen No. 46, 56, 59—60; Photogr. Himmelskarte, Ergänzungen zu Bd. I—IV.

Regensburg. Naturwiss. Verein, Berichte, Heft XI, 1905—06.

Regensburg. K. botan. Gesellschaft, Denkschriften, Bd. IX, (n. F. Bd. IV).

Stettin. Entomologischer Verein, Entomologische Zeitung, Jahrg. LXX, Heft 2; LXXI, Heft 1.

Strassburg. Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften, des Ackerbaues und der Künste im Unter-Elsass, Monatsbericht, Bd. XLII, Heft 5—6; XLIII, Heft 1—3.

Strassburg. Geologische Landesanstalt von Elsass-Lothringen, Mitteilungen Bd. VI, Heft 3; VII, Heft 1.

Stuttgart. Naturwissenschaftl. Verein für Sachsen u. Thüringen, Zeitschrift für Naturwissenschaften, 1908, Bd. LXXX, Heft 3—6; 1909, Bd. LXXXI, Heft 1—3.

Stuttgart. Verein für vaterländische Naturkunde, Jahreshefte, Bd. LXV und 2 Beilagen.

Thorn. Coppernicus-Verein für Wissenschaft und Kunst, Mitteilungen, Heft XVI.

Wiesbaden. Nassauischer Verein für Naturkunde, Jahrbücher, Jahrg. LXI—LXII.

Würzburg. Physikal.-Medizin. Gesellschaft, Sitzungsberichte, 1907, Heft 1—8; 1908, Heft 1—6.

### *c) Österreich.*

Bielitz-Biala. Beskiden-Verein, Mitteilungen, Bd. VI, No. 1—5.

Brünn. Naturforsch. Verein, Verhandlungen, 1907, Bd. XLVI.

Brünn. Lehrer-Klub für Naturkunde, Bericht (und Abhandlungen), Heft IX, 1907—08.

Brünn. Mährische Museumsgesellschaft, Mährisches Landesmuseum, Zeitschrift, Bd. IX, Heft 1.

Graz. Naturwissenschaftl. Verein für Steiermark, Mitteilungen, Bd. XLV, Heft 1—2.

Klagenfurt. Naturhistor. Landesmuseum von Kärnten, Jahrbuch Heft XXVIII; Jahrg. XLIX; Carinthia, Jahrg. XCVIII, Heft 4—6; XCIX, Heft 1—5.

Krakau. Akademie der Wissenschaften, Anzeiger, 1908, No. 9—10; 1909, No. 1—7 und 2 Beilagen.

Linz. Museum Francisco-Carolinum, Jahresbericht, Bd. LXVII, mit Beiträgen zur Landeskunde in Österreich ob der Enns, Bd. LXI.

Lwow. (Lèopol, Galizien). Société polonaise pour l'avancement des sciences, Bulletin, vol. I—VII, 1901—08.

Prag. Kgl. böhmische Gesellschaft der Wissenschaften, mathem.-naturwissenschaftliche Klasse, Sitzungsberichte 1908; Jahresbericht 1908.

Prag. K. böhmische K. Franz-Josef Akademie der Wissenschaften, Literatur und Kunst, Rozpravi, Trida II, Rocnik XVII, 1908, und Beilage; Bulletin internat., Sciences mathémat. et naturelles, vol. XII—XIII, 1907—08.

Prag. Deutscher naturwiss.-medizin. Verein für Böhmen „Lotos", Lotos, n. Folge Bd. LVI, Heft 1—10.

Prag. Deutscher polytechnischer Verein in Böhmen, Technische Blätter, 1908, Heft 1—4; 1909, Heft 1—2.

Reichenberg. Verein der Naturfreunde, Mitteilungen, Bd. XXXIX, 1909.

Rovereto. J. R. Accademia di Scienze, Lettere ed Arti degli Agiati. Atti, Seria III, vol. XIV, fasc. 3—4; XV, fasc. 1—2.

Trient. Tridentum, Rivista mensile, Annata X, fasc. 9—10; XI, fasc. 3—7.

Wien. K. K. geolog. Reichsanstalt, Abhandlungen, Bd. XXI, Teil 1; Jahrbuch 1908, Bd. LVIII, Heft 3—4; 1909, Bd. LIX, Heft 1—2; Verhandlungen, 1908, No. 11—18; 1909, No. 1—9.

Wien. Österr. Touristen-Club, Sektion für Naturkunde, Mitteilungen, Jahrg. XX.

Wien. Zoologisch-botanische Gesellschaft, Verhandlungen, Bd. LVIII, 1908.

Wien. K. K. Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Jahrbücher, 1907, neue Folge, Bd. XLIV.

Wien. Bosnisch-Herzegowin. Landesmuseum in Serajewo, Wissenschaftliche Mitteilungen aus Bosnien und Herzegowina, Bd. XI.

Wien. Verein für Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse, Schriften, Bd. IL, 1908—1909.

Wien. Naturhistor. Hofmuseum, Annalen, Bd. XIX, No. 2—4; XX, No. 1—4; XXI, No. 1—4; XXII, No. 1—4.

Wien. Naturwissenschaftlicher Verein an der Universität, Mitteilungen, 1908, No. 1—10.

Wien. Kaiserl. Akademie der Wissenschaften, mathemat.-naturwissenschaftl. Klasse, Sitzungsberichte, Abt. I, Bd. CXVI, 1907, Heft 1—10; CXVII, 1908, Heft 1—7; Abt. II a, Bd. CXVI, 1907, Heft 1—10; CXVII, 1908, Heft 1—9; Abt. II b., Bd. CXVI, 1907, Heft 1—10; CXVII, 1908, Heft 1—7; Abt. III, Bd. CXVI, 1907, Heft 1—10; CXVII, 1908, Heft 1—7; Mitteilungen der Erdbeben-Kommission, neue Folge No. 32—33; Beilagen No. III—IV.

### *d) Ungarn.*

Budapest. Ungarische geologische Gesellschaft, Zeitschr., 1908. Bd. XXXVIII, Heft 6—12, 1909, Bd. XXXIX, Heft 1—5.

Budapest. Kgl. ungar. geolog. Reichsanstalt, Mitteilungen aus dem Jahrbuche, Bd. XVI, Heft 4—5; XVII, Heft 1.

Budapest (O'Gyalla). Kgl. ungar. Reichsanstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus und des Zentral-Observatoriums in O'Gyalla, Bericht, Bd. VII, 1906; VIII, 1907; Publikationen, 1909, Bd. VII—VIII; Jahrbücher 1905, Bd. XXXV, No. 4; 1906, Bd. XXXVI, No. 1—4.

Budapest. Musei nationalis hungarici, Annales historico-naturales 1908, vol. VI, part 2; 1909, vol. VII, part. 1.

### *e) Holland.*

Amsterdam. K. Akademie van Wetenschappen, Proceedings, vol. XI, part 1—2; Jaarboek 1908; Verslag, vol. XVII, part 1—2; Verhandelingen, 1. Sectie, deel X, No. 1; 2. Sectie, deel XIV, No. 2—4; XV, No. 1.

Amsterdam. Wiskundig Genootschap, Nieuw Archief, 2. Reeks, deel VIII, No. 2—4; IX, No. 1; Wiskundige Opgaven met de Oplossingen, nieuwe Reeks, deel X, No. 4.

Amsterdam. Société mathématique, Revue sémestrielle des publications mathématiques, tome XVII, part 1—2; Index, nouv. édit.: Tables zu vol. XI—XV, 1905—07.

Haarlem. Musée Teyler, Archives, Série II, vol. XI, part 3.

La Haye. Société hollandaise des Sciences à Haarlem, Archives néerlandaises des sciences exactes et naturelles, Série II, tome XIV, livr. 1—4.

Nijmegen. Nederlandsch botanische Vereeniging, Nederlandsch kruidkundig Archiev, 3. Serie (Verslagen en Mededeelingen) 1908; Recueil, vol. V, No. 1—4.

Utrecht. K. nederlandsch meteorolog. Institut, Meteorolog. Jaarbœk voor 1907, A u. B; Mededeelingen en Verhandelingen, No. 102, Abt. 6—7; Recherches astronomiques, vol. III.

Utrecht. Nederlandsche Vereeniging voor Weer- en Sterrenkunde, Hemel en Dampkring, Jahrg. VI, 1908/09, Lfg. 7—12; VII, Lfg. 1—6.

### *f) Dänemark, Schweden, Norwegen.*

Bergen. Bergens Museum, Aarbog 1908, Heft 3; 1909, Heft 1—2; Aarsberetning 1908; Skrifter, Bd. I, No. 1; Sars, Crustacea, vol. V, Coppepoda, Harpacticoida, part XXIII—XXVI.

Christiania. Physiografiska Forening, Nyt Magazin for Naturvidenskaberne, Bd. XLVI, Heft 4; XLVII, Heft 1—2.

Christiania. Videnskabs Selskabet, Forhandlingar 1908; Skrifter, mathemat.-naturwissenschaftl. Klasse 1908.

Kjobnhavn. Danske Videnskabernes Selskabs, Forhandlingar, Oversigt 1908, No. 4—6; 1909, No. 1—3.

Kjobnhavn. Société botanique, Journal, tome XXIX, No. 1—3.

Lund. Acta Universitatis Lundensis, Ars-Skrift, Abt. II, n. Folge, Bd. IV, 1908.

Stavanger. Stavanger Museum, Aarsheft 1908.

Stockholm. Académie royale des Sciences de Suède, Observations météorologiques, vol. XLIX, 1907; Arsbok 1908; Handlingar, Bd. XLIII, No. 7—12; Arkiv: Mathematik, Astronomie und Physik, Bd. V, Heft 1—3; Botanik, Bd. VIII, Heft 1—4; Zoologi, Bd. V, Heft 1—3.

Stockholm. Entomologiska Föreningen, Entomologisk Tidskrift 1908, Bd. XXIX, No. 1—4.

Tromso. Tromso Museum, Aarshefter, Bd. XXIX, 1906.

Trondjem. K. Norske Videnskabers Selskabs, Skrifter 1908.

Upsala. Universität, Universitats mineralogisk-geologiska Institut, Aarskrift 1908; Bibliothek, Bibliographia Linnaeana, Bd. I, Teil 2.

Upsala. K. Gesellschaft der Wissenschaften, Nova Acta, 4. Serie, vol. II, fasc. 1.

### *g) Frankreich.*

Angers. Société d'études scientifiques, Bulletin, nouv. Série, vol. XXXVII, 1907.

Autun. Société d'histoire naturelle, Bulletin, vol. XX—XXI, 1907—08.

Besançon. Société d'émulation du Doubs, Mémoires, 8e Série, vol. II, 1907.

Béziers. Société d'études des sciences naturelles, Bulletin, vol. XXIX, 1907.

Bordeaux. Société des sciences physiques et naturelles, Mémoires, 6e Série, tome IV, No. 1—2 und Beilage; Procès-verbaux 1907—1908.

Bordeaux. Société linnéenne, Actes, 7e Série, tome II.

Charleville. Société d'histoire naturelle des Ardennes, Bulletin, vol. XIII, 1906.

Cherbourg. Société nationale des sciences naturelles et mathémat., Mémoires, tome XXXVI.

Clermont-Ferrand. Société des Amis de l'Université de Clermont, Revue d'Auvergne 1908, No. 1—6; 1909, No. 1—2.

Grenoble. Université, Annales, tome XX, livr. 2—3; XXI, livr. 1—2; tables 1889—1908.

Lille. Société géologique du Nord, Annales 1907—08, vol. XXXVI—XXXVII.

Lyon. Société d'Agriculture, Sciences et Industrie, Annales, 1907—08.

Lyon. Société botanique, Annales, tome XXXII, 1907, fasc. 3—4; XXXIII, 1908,

Marseille. Faculté des Sciences, Annales, tome XVI—XVII, 1908.

Montbéliard. Société d'émulation, Mémoires, vol. XXXV.

Montpellier. Académie des Sciences et Lettres, Mémoires de la Section de Médecine, 2e Série, tome II, No. 3; Section des Sciences, 2e Série, tome III, No. 8; Bulletin mensuel 1909, Janvier-Juillet.

Nancy. Société des Sciences, Bulletin des Séances, 3e Série, tome VIII, fasc. 3; IX, fasc. 1—6; X, fasc. 1—2.

Nantes. Société des Sciences naturelles de l'Ouest de la France, Bulletin, 2e Série, 1908, No. 1—4; 1909, No. 1.

Paris. Société mathématique de France, Bulletin, tome XXXVI, fasc. 4; XXXVII, fasc. 1—3.

Paris. Société des Jeunes Naturalistes, La Feuille, 4e Série, année XXXIX, No. 458—468; XL, No. 469.

Paris. Société de biologie, Comptes-rendus 1908, tome LXV No. 32—38; 1909, tome LXVI, No. 1—26; LXVII, No. 27—31.

Paris. Société géologique de France, Bulletin, 4e Série, tome VII, No. 9; VIII, No. 1—6.

Paris. Ecole polytechnique, Journal, 2e Série, No. 12.

Paris. Comité internat. des poids et mesures, Procès-verbaux, 2e Série, tome V, 1909.

Paris. Société scientifique de la France et de la Belgique, Bulletin scientifique 1908, vol. XLII; 1909, vol. XLIII, No. 1—2.

Paris. Société philomatique, Bulletin, 9e Série, tome X, No. 3—4; XI, No. 5—6; 10e Série, tome I, No. 1—3.

Toulouse. Faculté des Sciences, Annales de l'Université, 2e Série, tome IX, 1907, fasc. 3—4; X, 1908, fasc. 1—3.

Toulouse. Société d'histoire naturelle, Bulletin, tome XXXVI, 1903, No. 1—2; XXXVIII, 1905, No. 1—4; XXXIX, 1906, No. 1, 3—4; XL, 1907, No. 2—4; XLI, 1908, No. 1—2.

*b) Belgien.*

Anvers. Société royale de géographie, Bulletin, tome XXXII, fasc. 3—4; XXXIII, fasc. 1—2.

Bruxelles. Académie royale de Belgique, Annuaire 1909; Bulletin de la Classe des sciences 1908, No. 3—12; 1909, No. 1—8 und Beilage.

Bruxelles. Société belge de géologie, Bulletin, 2e Série: Mémoires, tome XXII, 1908, No. 1—2; XXIII, 1909, No. 1—2; Procès-verbal 1908, No. 1—11; 1909, No. 1—6; Nouveaux Mémoires, Série in 4°, 1908, fasc. 2.

Bruxelles. Observatoire royal de Belgique, Annuaire météorologique 1909; Annales météorologiques, nouv. Série, tome XIX, fasc. 3; XX, fasc. 3; Observations météorologiques 1903.

Bruxelles. Société entomologique de Belgique, Annales, tome LII, 1908; Mémoires, tome XV—XVI.

Bruxelles. Société royale de Botanique, Bulletin 1908, tome XLV, fasc. 1—3 und Beilage.

Gent. Vlaamsch natuur- en geneeskundig Congres, Handelingen 1908, vol. XII.

*i) England.*

Bristol. Naturalists Society, Proceedings, 4. Series, vol. II, part 1.

Cambridge. Philosophical Society, Proceedings, vol. XIV, part 6; XV, part 1—2; Transactions, vol. XXI, No. 5—8.

Dublin. Royal Irish Academy, Proceedings, Section B, vol. XXVII, No. 6—11.

Dublin. Royal Academy of Medecine, Transactions, vol. XXVII.

Dublin. Royal Dublin Society, Scientific Proceedings, new Series, vol. XI, No. 29—32; XII, No. 1—23; Economic Proceedings, new Series, vol. I, part 13—16; Scientific Transactions, Series II, vol. IX, No. 7—9.

Edinburgh. Royal Scottish geographical Society, Magazine, vol. XXIV, No. 12; XXV, No. 1—11.

Edinburgh. Royal Society, Proceedings, vol. XXVIII, part 9; XXIX, part 1—7; Transactions, vol. XLVI, 1908—09, part 2—3.

Edinburgh. Mathematical Society, Proceedings, vol. XXVII, 1908—09.

Edinburgh. Royal Physical Society, Proceedings 1906—1909, vol. XVII, No. 1, 6.

Edinburgh. Botanical Society, Transactions and Proceedings, vol. XXIII, part 3—4.

Liverpool. Botanical Society, Transactions, vol. I.

Liverpool. Biological Society, Proceedings and Transactions, vol. XXII, 1907—08.

London. Royal Geographical Society, Geographical Journal, 1908, December; 1909, January—November.

London. Mathematical Society, Proceedings, Series II, vol. VI, part 6—7; VII, part 1—6.

London. Royal microscopical Society, Journal 1908, part 6; 1909, part 1—5.

London. Royal Society, Proceedings, Series A: Mathematical and physical Scienc., vol. LXXXI, No. 549—550; LXXXII, No. 551—558; LXXXIII, No. 559, Series B: Biological Sciences, vol. LXXX, No. 543—544; LXXXI, No. 545—550.

London. Zoological Society, Proceedings 1908, pag. 783—983; 1909, pag. 1—738; Transactions, vol. XIX, part 1.

London. Royal Institution of Great Britain, Proceedings, vol. XVIII, part 3.

London. Linnean Society, Journal: Botany, vol. XXXVIII, No. 268; XXXIX, No. 269—270; Zoology, vol. XXX, No. 199; XXXI, No. 204—205; Proceedings, vol. CXX, 1907—08 und Beilage; List of Members 1908—09.

London. His Majestys Astronomer of Cape of Good Hope, Report 1906—08.

London. British Association for the Advancement of Sciences, Report, vol. LXXVIII, 1908.

London (Hull). Yorkshire Naturalist's Union, Transactions, vol. XXXIV, 1908.
London. Royal Astronomical Society, Memoirs, vol. LVII, part 3—4 and Appendix 2; LVIII; LIX, part 1—3.
Manchester. Literary and philosophical Society, Memoirs and Proceedings, vol. LIII, part 1—3.
Manchester. Manchester Museum, Owens College, Publications, No. 64—66 (Reports 1908—09).

*k) Italien.*

Catania. Accademia Gioenia di scienze naturali, Atti, 5. Seria, vol. I, 1908; Bollettino delle sedute, n. Seria, 1908—09, fasc. 3—8.
Firenze. R. Stazione de Entomologia Agraria, Redia, Giornale di Entomologia, vol. IV, fasc. 2; V, fasc. 1.
Genova. Società Ligustica di Scienze naturali e geographica, Atti, vol. XII—XIV; XV, fasc. 1—4; XVI—XIX; XX, fasc. 1.
Milano. Società italiana di scienze naturali e del Museo Civico, Atti, vol. XLVII, fasc. 3—4; XLVIII, fasc. 1—2.
Milano. Reale Istituto Lombardo di scienze e lettere, Memorie, vol. XX, fasc. 10; Rendiconti, Seria II, vol. XL, No. 16—20; XLI, No. 1—16.
Modena. Società dei Naturalisti e Matematici, Atti, Seria IV, vol. VII—X, 1905—08.
Napoli. Accademia delle scienze fisiche e matematiche, Rendiconti, Seria III, vol. XIV, No. 1—7.
Padova. Accademia Scientifica Veneto-Trentina-Istriana, Atti, 3. Seria, Anno I.
Palermo. Società di Science naturali ed economiche, Giornale, vol. XXVI, 1908.
Palermo. Circolo matematico, Rendiconti, tomo XXVI, fasc. 3; XXVII, fasc. 1—3 u. Supplem. III, fasc. 5—6, IV, fasc. 1—2; tomo XXVIII, fasc. 1—2; Anuario 1909.
Pisa. Società Toscana di scienze naturali, Atti: Memorie, vol. XXIV; Atti: Processi verbali, vol. XVII, No. 5; XVIII, No. 1—4.
Portici. Laboratorio di Zoologia generale e agraria, Bollettino, vol. III.
Roma. R. Accademia dei Lincei, Atti, 5. Seria, vol. XVII, 2. Semestre, No. 9—12; XVIII, 1. Semestre, No. 1—12; 2. Semestre, No. 1—8; Rendiconto, Anno CCCVI, 1909, vol. II, pag. 395—440.
Roma. Pontificia Accademia romana dei nuovi Lincei, Atti, Anno LXI, 1907—08, No. 1—7; LXII, 1908—09, No. 1—2; Memorie, vol. XXV—XXVI.
Roma. Società Romana di Antropologia, Atti, vol. XIV, fasc. 2—3.
Roma. Comitato geologico d'Italia, Bollettino, 4. Seria, vol. IX, No. 3—4.
Roma. Società Zoologica Italiana, Bollettino, Seria II, vol. XVII, fasc. 3—12.
Roma. R. Stazione chimico agraria sperimentale di Roma, Annali, Seria II vol. II, 1907—08.
Torino. R. Accademia delle scienze, Atti, vol. XLIII, No. 1—15 und Beilage; XLIV, No. 1—6; Memorie, II. Seria, tomo LVIII.
Torino. R. Accademia d'Agricoltura, Annali, 1908, vol. LI.

*l) Spanien, Portugal.*

Coimbra. Universidade, Texeira, Obras sobre mathematica, vol. II—IV.
Lisboa. Sociedade de geographia, Boletin, Seria, 26, 1908, No. 7—12; Seria 27, 1909, No. 1—7.

Lisboa. Direcção dos serviços Geologicos, Comunicacões, tomo VII, fasc. 2.
Lisboa. Société portugaise de sciences naturelles, Bulletin, vol. II, fasc. 1—3.
Porto. Academia Polytechnica, Annaes scientificos, vol. III, No. 3—4; IV, No. 1—4.
Zaragoza. Sociedad Aragonesa de Ciencias naturales, Boletin, tomo VII, No. 7—10; VIII, No. 1—8.

*m) Russland, Rumänien.*

Dorpat. Naturforscher-Gesellschaft der Universität, Schriften No. XVIII—XIX; Sitzungsberichte 1908, vol. XVII, No. 2—4.
Helsingfors. Societas pro Fauna et Flora fennica, Meddelanden, Bd. XXXIII — XXXIV, 1906—08.
Helsingfors. Finska Vetenskaps-Societeten, Bidrag, Heft 64—66; Öfversigt af Forhandlingar, Bd. XLVIII—L; Institut météorolog. central, Observations météorologiques 1896—98; Meteorologisches Jahrbuch Bd. I, 1901; Bd. II, 1902.
Helsingfors. Societatis scientarum fennica, Acta, tomus XXXIII—XXXIV und Beilage: Festschrift Palmén, Bd. I—II, 1905—07.
Jassy. Université, Annales scientifiques, tome V, fasc. 3; VI, fasc. 1.
Moscou. Société Impériale des Naturalistes, Bulletin, 1907, No. 4.
St. Petersburg. Kaiserl. mineralogische Gesellschaft, Materialien zur Geologie Russlands, Bd. XXIII, Lfg. 2; XXIV; Verhandlungen, 2. Serie, Bd. XLV; XLVI, No. 1.
St. Petersburg. Acta horti petropolitani, tome XXVIII, fasc. 2; XXIX, fasc. 1; XXX, fasc. 1.
St. Petersburg. Académie Impériale des Sciences, Bulletin, 6e Série, 1908, No. 15—18; 1909, No. 1—14; Mémoires, 8e Série, vol. XX, No. 2, 4, 9; XXI, No. 3; XXII, No. 3, 6; XXIII, No. 1, 6; XXIV, No. 5.
St. Petersburg. Comité géologique, Bulletin, vol. XXVI, 1907, No. 1—4, 8—10; XXVII, 1908, No. 2—10; Mémoires, nouv. Série, livr. 28, 30, 36—38, 41—50.
St. Petersburg. Observatoire physique central Nicolas, Annales 1905, part 1, 2, No. 1—2, und Supplement; 1906, part 1, 2 No. 1—2 und Beilage; Publications, 2e Série, vol. XVI, fasc. 2; XVIII, fasc. 3.
Riga. Technischer Verein, Industrie-Zeitung, Jahrg. XXXIV, No. 20—24; XXXV, No. 1—19.
Riga. Naturforscher-Verein, Korrespondenzblatt, Bd. LI und Beilage.

*n) Nord-, Süd- und Zentral-Amerika.*

Albany. University of the State of New York, New York State Museum, Annual Report, vol. LX, 1906, vol. I—III (Appendix 1—6); V, (Appendix 7); LXI, 1907, vol. I—III.
Baltimore. John Hopkins University, Circulars 1908, No. 8—10; 1909, No. 1—4, 6—7.
Baltimore. American chemical Journal, vol. XL, No. 1—6; XLI, No. 1—6; XLII, No. 1, 5.
Berkeley. University of California, Publications: Botany, vol. III, No. 2, 5—8; Zoology, vol. V, No. 1—3; VI, No. 1—2.
Boston. American Academy of Arts and Sciences, Proceedings, vol. XLIV, No. 1—25.
Boston. Boston Society of Natural History, Proceedings, vol. XXXIV, No. 1—4; Occasional Papers, vol. VII, No. 8—10.

Brooklyn. Museum of the Brooklyn Institute of Arts and Sciences, Science Bulletin, vol. I, No. 14, 16; Cold Spring Harbour Monographs No. 7.

Buenos-Aires. Museo Nacional, Anales, Seria III, tomo X und Beilage; XII, pag. 107—209.

Buenos-Aires. Academia Nacional de Ciencias en Cordoba, Boletin, tomo XVIII, No. 3.

Buffalo. Society of Natural Sciences, Bulletin, vol. IX, No. 2.

Chapel Hill. Elisha Mitchell Scientific Society, Journal, vol. XXIV, No. 3—4; XXV, No. 1—2.

Chicago. Field Columbian Museum, Publications: Report Series, vol. III, No. 3; Geological Series, vol. III, No. 7; IV, No. 1; Zoological Series, vol. VII, No. 7; Ornithological Series, vol. I, No. 4.

Chicago. University of Chicago, Botanical Gazette, vol. XLV, No. 5; XLVI, No. 1, 5—6; XLVII, No. 1—6; XLVIII, No. 1—3.

Cincinnati. Society of Natural History, Journal, vol. XXI, No. 1.

Cincinnati. Lloyd Library of Botany, Pharmacy and Materia Medica, Bulletin 1909, No. 11.

Colorado (Boulder). University of Colorado, Studies, vol. VI, No. 1—4.

Colorado Springs. Colorado College, Publications, General Series, No. 31—33, 36—37.

Columbus. Ohio State University, Ohio Naturalist, vol. IX, No. 1—8.

Halifax. Nova Scotian Institute of Science, Proceedings and Transactions, vol. XI, part 3—4; XII, part 1.

Indianapolis. Indiana Academy of Sciences, Proceedings 1907.

Lancaster. American Mathematical Society, Bulletin, 2. Series, vol. XV, No. 3—10; XVI, No. 1—2.

Lansing. Geological Survey of Michigan, Report, vol. V, part 1—2; VII, part 1—3; VIII, part 3; IX, part 1; and for 1903, 1905—06.

Lansing. Michigan Academy of Science, Annual Report, vol. I—IV, 1894—1902; VI—VIII, 1904—06; X, 1908, und Beilage.

La Plata. Museo de la Plata, Anales, Seccion geolog. y mineralog., 2. Seria, vol. I, No. 1—2; Revista, vol. XII, part 1—2; XIII—XV; XVI, pag. 34—36.

Lawrence. Kansas University, Science Bulletin, vol. IX, No. 5.

Lincoln. University of Nebraska, Agricultural Experiment Station, Annual Report, vol. XXI, 1908; Bulletin No. 107—110; University Studies, vol. VIII, No. 2—4; IX, No. 1—2; Press Bulletin, No. 29—30.

Lincoln. American microscopical Society, Transactions, vol. XXVIII, 1906.

Madison. Wisconsin Geological and Natural History Survey, Bulletin, Economic Series, No. 13.

Madison. University of Wisconsin, Washburn Observatory, Publications, vol. XII, 1902—07.

Mexico. Observatorio meteorologico central, Boletin mensual, 1904, April, November-Dezember; 1905, Januar; 1908, August-September.

Mexico. Observatorio astronomico nacional de Tacubaya, Anuario 1909; Observaciones 1897.

Mexico. Sociedad scientifica „Antonio Alzate", Memorias y Revista, vol. XXV, No. 4—8; XXVI, No. 10—12; XXVII, No. 1—3.

Mexico. Istituto geologico, Boletin, No. 17, 26; Parergones, tomo II, No. 7—10; III, No 1.

Mexico (Aguascalientes). El Instructor, Anno XXV, No. 7—12; XXVI, No. 1—6.

Milwaukee. Public Museum, Annual Report, vol. XXVI.
Milwaukee. Wisconsin Natural History Society, Bulletin, new Series, 1908, vol. VI, No. 3—4; VII, No. 1—2.
Montana. University of Montana, Bulletin, No. 50—52; (Geological Series No. 3).
Montevideo. Museo Nacional, Flora Uruguaya, vol. VII, tomo IV, No. 1.
Montevideo. Direccion general de Estadistica, Uruguay, Anuario estadistico, tomo I, 1907—08.
New Haven. American Journal of Science, 4. Series, vol. XXVI, December; XXVII, January-June; XXVIII, July-November.
New Haven. Connecticut Academy of Arts and Science, Transactions, vol. XIV, pag. 1—236.
New York. Academy of Sciences, Annals, vol. XVIII, part 3.
New York. New York Botanical Garden, Bulletin, vol. V, No. 18; VI, No. 20; VII, No. 23.
Ottawa. Geological and Natural History Survey of Canada, Annual Report 1906; Section of Mines, Annual Report, vol. XII, 1899 und Beilage; Summary Report 1908 und 2 Beilagen.
Para. Museu Paræense (Museo Gœldi), Boletin, vol. V, No. 2.
Philadelphia. Academy of Natural Sciences, Proceedings, vol. LX, part 2—3; LXI, part I.
Philadelphia. American philosophical Society, Proceedings, vol. XLVII, No. 189—190; XLVIII, Nr. 191.
Philadelphia. Zoological Society, Annual Report, vol. XXXVII.
Philadelphia. University of Pennsylvania, Publications: Series in history, No. 3; Contributions from the Zoological Laboratory, vol. XIV, 1908—09; Contributions from the Botanical Laboratory, vol. III, No. 2; University Bulletin, 9. Series, No. 2, part 2; No. 5, part 2.
Pittsburgh. Allegheny Observatory, Publications, vol. I, No. 6—7, 9—19.
San Francisco. California Academy of Science, Proceedings, Mathemat.-physikal. Klasse, 4. Series, vol. III, pag. 1—48.
San José. (Costa Rica). Sociedad Nacional de Agricultura, Ministero de Fomento, Boletin, Anno II, No. 13—15.
Santiago. Société scientifique du Chili, Actes 1908, vol. XVIII, No. 1—5.
St. Louis. Missouri Botanical Gardens, Report, vol. XIX.
Sao Paolo. Museu Paulista, Revista, vol. VII.
Toronto. Canadian Institute, Transactions, vol. VIII, part 2—3.
Urbana. University of Illinois, State Geological Survey, Bulletin No. 9; Agricultural Experiment Station, Bulletin No. 134; University Bulletin, vol. VI, No. 4.
Washington. Smithsonian Institution, Bulletin: U. S. National Museum, No. 61–62, 64; Annual Report 1907; Annual Report of the U. S. National Museum 1908; Proceedings, U. S. National Museum, vol. XXXIII—XXXV; Contributions from the U. S. National Herbarium, vol. XII, part 1—9; Bureau of Ethnology, Annual Report, vol. XXVI, 1904—05; Bulletin, No. 34; Smithsonian miscellaneous Collections, No. 1810—13, 1860.
Washington. Philosophical Society, Bulletin, vol. XV, pag. 103—131.
Washington. Department of the Interior, U. S. Geological Survey, Bulletin, No. 328, 335, 337—338, 340, 343—355, 357—359, 361—369, 371—372, 376, 378; Report, vol. XXIX, 1908; Professional Papers, vol. 58—63; Mineral Resources 1907, part 1—2; Water Supply and Irrigation Papers, No. 219–223, 225—226.

*o) Uebrige Länder.*

Batavia. Kon. magnetic en meteorolog. Observatorium, Regenwaarnemingen in Ned.-Indië, Jahrg. 1907, Bd. I—II; Observations, vol. XXIX, 1906.

Batavia. Kon. natuurkundig Vereeniging in Ned-Indië, Natuurkundig Tijdschrift, deel LXVIII.

Bombay. Bombay branch of the Royal Asiatic Society, Journal vol. XXIII. No. 68.

Bombay. Anthropological Society, Journal vol. VIII, No. 3—4.

Brisbane. Royal Society of Queensland, Proceedings, vol. XXI; XXII, part 1.

Calcutta. Geological Survey of India, Memoirs, Series XV, vol. XXXIV, part 4; XXXVII, part 1—3; new Series, vol. I, part I; II, part 4; III, part 3, 5; V, part 3; VI, part 1; Records, vol. XXXV, part 4; XXXVII, part 1—4; XXXVIII, part 1—2.

Calcutta. Asiatic Society of Bengal, Journal and Proceedings, vol. III, No. 5-10; IV, No. 1—4 und Extra-No.; LXXIV, part 2—3.

Calcutta. Department of Agriculture, Botanical Series: Memoirs, vol. II, No. 7-8.

Cape Town. South African Philosophical Society, Transactions, vol. XVIII, No. 4.

Cape Town. Royal Society of South Africa, Transactions, vol. I, part 1.

Colombo. Royal Botanic Gardens, Peradeneya, Annals, vol. IV, part 4—5; Circulars, vol. IV, No. 12—19.

Kyōto. College of Science and Engineering, Imperial University, Memoirs, vol. I, No. 4.

Le Caire. Société Entomologique d'Egypte, Bulletin 1908, No. 3—4; 1909, No. 1—2; Mémoires, vol. I, No. 1.

Melbourne. Royal Society of Victoria, Proceedings, n. Series, vol. XXI, part 2; XXII, part 1.

Pretoria. Transvaal Museum, Annals, vol. I, No. 3—4; Report 1907—08.

Sidney. Australasian Association for the Advancement of Science, Report, vol. XI, 1907.

Sidney. Australian Museum, Records, vol. VII, No. 3—4; Report 1907—08; Memoirs, vol. IV, part. 11.

Sidney. Royal Society of New South Wales, Journal and Proceedings, vol. XXXVII—XLI, 1903—07.

Tokyo. Deutsche Gesellschaft für Natur- und Völkerkunde Ostasiens, Mitteilungen, Bd. XI, Teil 3—4.

Tokyo. College of Science, Imperial University, Journal, vol. XXIII, No. 15; XXVI, No. 1; XXVII, No. 1—2; Mitteilungen aus der medizin. Fakultät, Bd. VIII, No. 1—2.

## C. Anschaffungen.

*Akademien, Allgemeines.*

Année biologique, vol. XI, 1906.

Archiv für Anthropologie, neue Folge, Bd. VII, Heft 4; VIII, Heft 1—4.

Archiv für gesamte Physiologie (Pflüger), Bd. CXXV, Heft 5—12; CXXVI, Heft 1—12; CXXVII, Heft 1—12; CXXVIII, Heft 1—12; CXXIX, Heft 1—12.

Archiv für mikroskopische Anatomie, Bd. LXXIII, Heft 1—4; LXXIV, Heft 1—3.

Bulletin et Mémoires de la Société d'Anthropolog. de Bruxelles, tome XXVI, 1907; XXVII, 1908.

Centralblatt, biologisches, 1908, No. 22—24; 1909, No. 1—21.

Centralblatt für Physiologie, Bd. XXII, No. 17—26, 26a; XXIII, No. 1—15; Bibliographia physiologica, 3. Serie, Bd. IV, No. 2—4.

Comptes-rendus de l'Association française pour l'avancement des sciences, Session XXXVI, 1907, part 1—2.

Denkschriften der Akademie der Wissenschaften, Wien, Mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse, Bd. LXXXIV.

Denkschriften, neue, der schweizer. naturforsch. Gesellschaft, Bd. XLI; XLIV, Teil 1—2.

Journal, the quarterly, of microscopical Science, new Series, vol. LIII, part 1—4; LIV, part 1.

Magazine, philosophical, and Journal of Science, 1908, December; 1909, January-November.

Naturalist, the American, vol. XLII, No. 503—504; XLIII, No. 505—515.

Rundschau, naturwissenschaftliche, 1908, No. 47—53; 1909, No. 1—44.

Science, new Series, vol. XXVIII, No. 724—730; XXIX, No. 731—756; XXX, No. 757—774.

Transactions, philosophical, of the Royal Society of London, Series A, vol. CCVIII.

Verhandlungen der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Aerzte, 80. Versammlung, Hälfte 1; 2, 1. und 2. Teil.

Zeitschrift für wissenschaftliche Mikroskopie, Bd. XXV, Heft 3—4; XXVI, Heft 1—2.

*Astronomie, Meteorologie.*

Jahrbuch, Berliner astronomisches, für 1911.

Laplace: Oeuvres complètes, tome XIII, Paris, 1904.

Nachrichten, astronomische, Bd. 179, No. 4280—4296; Bd. 180, No. 4297—4320; Bd. 181, No. 4321—4344; Bd. 182, No. 4345—4364.

Zeitschrift, meteorologische, 1908, November-Dezember; 1909, Januar-Oktober.

*Botanik.*

Annales des sciences naturelles, Botanique, 9e Série, tome VIII, No. 4—6; IX, No. 1—6.

Annales du Jardin botanique de Buitenzorg, 2e Série, vol. VII, part 2.

Annals of Botany, vol. XXIII, No. 89—92.

Bibliotheca botanica, Heft 71, Liefg. 4; Bibliotheca botanica, auctore Alb. de Haller. Index emendatus. Bernae, 1908.

Bulletin de la Société botanique de France, 3e Série, tome XLVI, No. 1—2; 4e Série, tome XLVIII, No. 1; Session extraordinaire, tome LIV, 1907, No. 9; LV, 1908, No. 7—9; LVI, 1909, No. 1—5; Mémoires, vol. LV, 1908, No. 14; LVI, 1909, No. 3d.

Engler und Prantl, die natürlichen Pflanzenfamilien, Liefg. 232—235.

Fleischer, Max: Die Musci der Flora von Buitenzorg, Bd. III. (Flora von Buitenzorg). Leiden, 1906—08.

Hedwigia, Organ für Kryptogamenkunde, Bd. XLVIII, Heft 3—6; XLIX, No. 1—3.

Jahrbücher für wissenschaftl. Botanik, Bd. XLVI, Heft 3—4; XLVII, Heft 1.

Memoirs of the Torrey botanical Club, vol. XIV, No. 1.

Rabenhorst, Kryptogamenflora I, Abt. IX, Pilze, Liefg. 110—114; Abt. VI, Lebermoose, Liefg. 7—9.

Reichenbach, Deutschlands Flora, 1. Serie, Bd. XIX, 2, Liefg. 21, 25—27; Bd. XXIV, Liefg. 17—24; XXV, Liefg. 1—2.

Smith, J. J.: Die Orchideen von Java, Figuren-Atlas, Heft 2. (Flora von Buitenzorg) Leiden, 1909.

*Geographie, Ethnographie.*

Abhandlungen der K. K. geographischen Gesellschaft in Wien, 1908, Bd. VII, No. 2—3; 1909, Bd. VIII, No. 1—2.

Archiv, internationales, für Ethnographie, Bd. XVIII, Heft 4—6; XIX, Heft 1—2.

Forschungen zur deutschen Landes- und Volkskunde, Bd. XVII, Heft 4; XVIII, Heft 1—5.

Jahrbuch des Schweizer. Alpenklubs, Jahrg. XXIV, 1908—09 und Beilagen.

Jahrbuch, geographisches, Bd. XXXII, 1909.

Journal des Museum Godeffroy, Heft XVI: Garretts Fische der Südsee, Heft 8.

Mitteilungen der geographischen Gesellschaft, in Wien, Bd. LI, No. 7—12; LII, No. 1—9.

Süd-Polar-Expedition, deutsche (Drygalski), Bd. I: Geographie, Heft 3; II: Geographie und Geologie, Heft 4—5; III: Meteorologie, I, Bd. I, Heft 1; IV: Meteorologie II, Bd. II, Heft 1; V: Erdmagnetismus I, Heft 2; X: Zoologie, Bd. II, Heft 3—5; XI: Zoologie, Bd. III, Heft 1—3.

*Geologie, Petrographie, Mineralogie und Palæontologie.*

Abhandlungen der schweiz. palæontologischen Gesellschaft, Bd. XXXV, 1908.

Abhandlungen, geologische und palæontologische, neue Folge Bd. VIII, Heft 4—5.

Annales des Mines, 10e Série, tome XIV, No. 7—12; XV, No. 1—6.

Annales de Paléontologie, tome III, fasc. 4; IV, fasc. 1—3.

Barrande, Joach.: Système silurien du centre de la Bohême. Ant. Fritsch: Problematica silurica 1908.

Beiträge zur Palæontologie und Geologie Oesterreich-Ungarns und des Orients, Bd. XXI, Heft 3—4; XXII, Heft 1—2.

Centralblatt für Mineralogie, Geologie und Palæontologie 1908, No. 22—24; 1909, No. 1—21.

Eclogæ geologicæ helvetiæ, Mitteilungen, Bd. X, No. 3—5.

Jahrbuch, neues, für Mineralogie, Geologie und Palæontologie, Hauptwerk, 1908, Bd. II, No. 2—3; 1909, I, No. 1—3; II, No. 1; Beilagebände, Bd. XXVI, Heft 3; XXVII Heft 1—3; XXVIII, Heft 1—2.

Jahreshefte, geognostische, Jahrg. XX, 1907.

Journal, the quarterly, of the geological Society, vol. LXIV, part 4; LXV, part 1—3.

Magazine, geological, new Series, Decade V, vol. V, No. 533—534; VI, No. 535—545.

Mémoires de la Société Géologique de France, Palæontologie, vol. XIII—XV; XVI, No. 1.

Palæontographica, vol. LV, Liefg. 3—6; LVI, Liefg. 1—3.

Tschermaks mineralogische und petrograph. Mitteilungen, n. Folge, Bd. XXVII, Heft 4—6; XXVIII, Heft 1—3.

Zeitschrift für Kristallographie, Bd. XLV, Heft 5—6; XLVI, Heft 1—6; XLVII, Heft 1.

*Mathematik.*

Archiv für Mathematik und Physik (Grunert), 3. Reihe, Bd. XIV, No. 1—4; XV, No. 1.

Giornale di Matematiche, vol. XLVI, November-Dezember; XLVII, Januar-Juni.

Jahrbuch über die Fortschritte der Mathematik, Bd. XXXVII, Heft 1—3; XXXVIII, Heft 1.

Journal de Mathématiques, 6e Série, 1908, tome IV, fasc. 4; 1909, tome V, fasc. 1—2.

Journal für reine und angewandte Mathematik, Bd. CXXXV, Heft 2—4; CXXXVI, Heft 1—4; CXXXVII, Heft 1.

Journal, the quarterly, of pure and applied mathematics, vol. XL, No. 1—4.

Kronecker: Vorlesungen über Mathematik, 2. Teil, 2. Abschnitt, 1. Band.

Messenger of Mathematics, new Series, vol. XXXVIII, No. 8—12; XXXIX, No. 1—7.

Revue de Mathématiques (Revista), Beilage: Bollettino di bibliografia, Anno XI, fasc. 1—3.

*Physik, Chemie.*

Annalen der Physik, 4. Folge, 1908, No. 14—15; 1909, No. 1—13.

Annales de chimie et de physique, 8e Série, 1908, Décembre; 1909, Janvier-Octobre.

Beiblätter zu den Annalen der Physik, 1908, No. 22—24; 1909, No. 1—22; Register zu Bd. XVI—XXX.

Gazzetta chimica, anno XXXVIII, 1908, parte 2, fasc. 6; XXXIX, 1909, parte 1, fasc. 1—3, 5—6; parte 2, fasc. 1—3.

Gerland, Geo., Beiträge zur Geophysik, Bd. IX, Heft 4; X, Heft 1.

Jahresbericht über die Fortschritte der Chemie, für 1902, Heft 3—10.

Journal de physique, 4e Série, tome VII, No. 12; VIII, No. 1—11.

Journal für praktische Chemie, neue Folge, Bd. LXXVII, No. 7—8; LXXVIII, No. 21—24; LXXIX, No. 1—12; LXXX, No. 13—20.

Journal of the Chemical Society, 1908, November-Dezember; 1909, Januar-Oktober; Index zu 1908.

Liebigs Annalen der Chemie, Bd. CCCLXIII, Heft 2—3; CCCLXIV, Heft 1—3; CCCLXV, Heft 1—3; CCCLXVI, Heft 1—3; CCCLXVII, Heft 1—3; CCCLXVIII, Heft 1—3; CCCLXIX, Heft 1—3.

Zeitschrift für physikalische Chemie, Bd. LXV, Heft 1—6; LXVI, Heft 1—6; LXVII, Heft 1—6; LXVIII, Heft 1; LXIX; Register zu Bd. XXV—L, Liefg. 1—5.

*Zoologie.*

Annales des sciences naturelles, Zoologie, 9e Série, Année LXXXIV, tome VIII, No. 1—6; LXXXV, tome IX, No. 1—6.

Archiv für Naturgeschichte, Jahrg. LXX, Bd. II, Heft 2, Liefg. 2—3; LXXI, Bd. II, Heft 1, 3; LXXII, Bd. II, Heft 1, 3; LXXIII, Bd. II, Heft 1—2, Liefg. 1, Heft 3; LXXIV, Bd. I, Heft 3; LXXV, Bd. I, Heft 1—2.

Archives de Zoologie expériment. et générales, 4e Série, Année XXXVIII, No. 3, 8; XXXIX, No. 1—7; XL, No. 1—5; 5e Série, Année LI, No. 1—7; Notes et Revue, 4e Série, Année XXXIX, No. 1—4; 5e Série, Année I, No. 1—3.

Cellule, la, tome XXV, fasc. 1.

Fauna und Flora des Golfes von Neapel, Heft XXXII (Jahrg. XXII—XXIII).

Journal de Conchyliologie, tome LVI, No. 2—4; LVII, No. 1—3.

Journal für Ornithologie, Jahrg. LVII, 1909, No. 1—4.

Plankton-Expedition, Ergebnisse der, Bd. III. L. h. 6: Schmidt: Castanellidae; III. L. h. 7: Borgert: Die Tripyleen, Radiolarien: Phaeodinidae, Caementellidae und Cannorhaphidae; III. L. h. 8: Borgert: Die Tripyleen etc.: Circoporidae; III. L. h. 9: Borgert: Die Tripyleen etc.: Cannosphaeridae; IV. M. c.: Apstein: Pyrocysten.

Transactions of the Entomological Society, London, 1908, part. 2—5; 1909, part. 1—3.

Der Bibliothekar:
Hans Schinz.

# Verzeichnis der Mitglieder

der

# Naturforschenden Gesellschaft in Zürich

(31. Dezember 1909).

## a. Ordentliche Mitglieder.

| | | | Aufn. Jahr. |
|---|---|---|---|
| 1. | Hr. | Rahn-Meyer, Konrad, Dr. med. | 1854 |
| 2. | - | Escher-Hess, Johann Kaspar, Kaufmann | 1856 |
| 3. | - | Graberg, Friedrich, Zeichenlehrer | 1860 |
| 4. | - | Huber-Werdmüller, Peter Emil, Oberst | 1863 |
| 5. | - | Rose, Edmund, Dr. med., Professor a. d. Universität Berlin | 1868 |
| 6. | - | Beck, Alexander, Dr., Professor | 1870 |
| 7. | - | Fliegner, Albert, Dr., Professor am Polytechnikum | 1870 |
| 8. | - | Heim, Albert, Dr., Professor am Polyt. und a. d. Univ. | 1870 |
| 9. | - | Affolter, Ferdinand Gabriel, Dr., Prof. am Polytechnikum | 1870 |
| 10. | - | Suter, Heinrich, Dr., Professor an der Kantonsschule | 1871 |
| 11. | - | Bollinger, Otto, Dr. med., Professor a. d. Univ. München | 1871 |
| 12. | - | Schulze, Ernst, Dr., Professor am Polytechnikum | 1872 |
| 13. | - | Tobler, Adolf, Dr., Professor am Polytechnikum | 1873 |
| 14. | - | Kleiner, Alfred, Dr., Professor a. d. Univ. und Erziehungsrat | 1873 |
| 15. | - | Gnehm, Robert, Dr., Präsident des schweiz. Schulrates | 1873 |
| 16. | - | Seitz, Johann, Dr. med., Privatdozent an der Universität | 1874 |
| 17. | - | Stickelberger, Ludwig, Dr., Prof. a. d. Univ. Freiburg i. B. | 1874 |
| 18. | - | Wundt, Wilhelm, Dr. med., Professor a. d. Univ. Leipzig | 1874 |
| 19. | - | Escher, Rudolf, Professor am Polytechnikum | 1874 |
| 20. | - | Weber, Heinr. Friedr., Dr., Professor am Polytechnikum | 1875 |
| 21. | - | Meister, Jakob, Professor a. d. Kantonsschule Schaffhausen | 1875 |
| 22. | - | Stoll, Otto, Dr., Professor an der Universität | 1875 |
| 23. | - | Keller, Konrad, Dr., Professor | 1875 |
| 24. | - | Lunge, Georg, Dr., Professor | 1876 |
| 25. | - | Schöller, Caesar, Fabrikant | 1878 |
| 26. | - | Huguenin, Gustav, Dr. med., Professor | 1878 |
| 27. | - | Schröter, Karl, Dr., Professor am Polytechnikum | 1878 |
| 28. | - | Stebler, Friedr. Gottl., Dr., Vorstand der schweiz. Samenkontrollanstalt | 1879 |
| 29. | - | Abeljanz, Harutjun, Dr., Professor an der Universität | 1880 |
| 30. | - | Wolfer, Alfred, Dr., Professor am Polyt. und a. d. Univ. | 1880 |

| | | Aufn. Jahr. |
|---|---|---|
| 31. | Hr. Haab, Otto, Dr. med., Professor an der Universität | 1880 |
| 32. | - Rothpletz, August, Dr., Professor a. d. Univ. München | 1880 |
| 33. | - Denzler, Albert, Dr., Privatdozent am Polytechnikum | 1881 |
| 34. | - Rudio, Ferdinand, Dr., Professor am Polytechnikum | 1881 |
| 35. | - Maurer, Julius, Dr., Direktor der meteorol. Centralanstalt | 1881 |
| 36. | - Goldschmidt, Heinrich, Dr., Prof. a. d. Univ. Christiania | 1881 |
| 37. | - Egli-Sinclair, Theodor, Dr. med. | 1881 |
| 38. | - Constam, Joseph Emil, Dr., Professor am Polytechnikum | 1881 |
| 39. | - Beyel, Christian, Dr., Privatdozent am Polytechnikum | 1882 |
| 40. | - Keller-Escher, Karl, Dr., a. Kantonsapotheker | 1882 |
| 41. | - Imhof, Othmar Emil, Dr., Brugg | 1882 |
| 42. | - Bühler, Anton, Dr., Professor an der Universität Tübingen | 1882 |
| 43. | - Kronauer, Hans, Dr., Mathematiker d. schweiz. Rentenanstalt | 1883 |
| 44. | - Schottky, Friedrich, Dr., Professor a. d. Universität Berlin | 1883 |
| 45. | - Wyss, Oskar, Dr. med., Professor an der Universität | 1883 |
| 46. | - Burkhard-Streuli, Werner, Ingenieur | 1883 |
| 47. | - Mende-Ernst, Theophil, Dr. med. | 1883 |
| 48. | - Escher-Kündig, Jakob Christoph, Kaufmann | 1883 |
| 49. | - Geiser, Karl Friedrich, Dr., Professor am Polytechnikum | 1883 |
| 50. | - Stadler, Salomon, Dr., Rektor der höheren Töchterschule | 1883 |
| 51. | - Muralt-v. Planta, Wilhelm v., Dr. med. | 1883 |
| 52. | - Zollinger, Ernst, Fabrikant | 1884 |
| 53. | - Culmann, Paul, Dr., Paris | 1885 |
| 54. | - Gaule, Justus, Dr. med., Professor an der Universität | 1887 |
| 55. | - Fick, Adolf, Dr. med., Privatdozent a. d. Universität | 1887 |
| 56. | - Monakow, Konstantin v., Dr. med., Professor a. d. Univ. | 1887 |
| 57. | - Wenk, Ernst, Dr., Direktor des Institutes Erica | 1888 |
| 58. | - Emden, Robert, Dr., Privatdozent an der techn. Hochschule München | 1888 |
| 59. | - Krönlein, Ulrich, Dr. med., Professor an der Universität | 1888 |
| 60. | - Flury, Philipp, Assistent der forstlichen Versuchsstation | 1888 |
| 61. | - Huber-Stockar, Emil, Direktor der Maschinenfabrik Oerlikon | 1888 |
| 62. | - Annaheim, Joseph, Dr., Chemiker | 1888 |
| 63. | - Messerschmitt, Johann Baptist, Dr., Hamburg, Seewarte | 1889 |
| 64. | - Bommer, Albert, Apotheker | 1889 |
| 65. | - Hommel, Adolf, Dr. med. | 1889 |
| 66. | - Bänziger, Theodor, Dr. med. | 1889 |
| 67. | - Schulthess-Schindler, Anton v., Dr. med. | 1889 |
| 68. | - Zschokke, Erwin, Dr., Professor an der Universität | 1889 |
| 69. | - Standfuss, Max, Dr., Professor am Polytechnikum | 1889 |
| 70. | - Grimm, Albert, Dr. med. | 1889 |
| 71. | - Schall, Karl, Dr., Privatdozent a. d. Universität Leipzig | 1889 |
| 72. | - Ritzmann, Emil, Dr. med. | 1889 |
| 73. | - Heuscher, Johann, Dr., Professor an der Universität | 1889 |
| 74. | - Lang, Arnold, Dr., Professor a. Polyt. und a. d. Univ. | 1889 |
| 75. | - Schinz, Hans, Dr., Professor an der Universität | 1889 |
| 76. | - Aeppli, August, Dr., Professor an der Kantonsschule | 1889 |
| 77. | - Martin, Paul, Dr., Professor an der Universität Giessen | 1889 |
| 78. | - Stohr, Philipp, Dr. med., Professor a. d. Univ. Würzburg | 1889 |
| 79. | - Overton, Ernst, Dr., Professor a. d. Universität Würzburg | 1890 |
| 80. | - Zschokke, Achilles, Dr., Direktor der Weinbauschule, Neustadt (Pfalz) | 1890 |

| | | | Aufn. Jahr. |
|---|---|---|---|
| 81. | Hr. | Pfister, Rudolf, Dr., Lyon | 1890 |
| 82. | - | Gamper, Eduard, Apotheker, Winterthur | 1890 |
| 83. | - | Bretscher, Konrad, Dr., Privatdozent an der Universität | 1890 |
| 84. | - | Martin, Rudolf, Dr., Professor an der Universität | 1890 |
| 85. | - | Roth, Otto, Dr. med., Professor am Polytechnikum | 1891 |
| 86. | - | Felix, Walter, Dr. med., Professor an der Universität | 1891 |
| 87. | - | Müller-Thurgau, Herm., Dr., Prof., Direktor d. Schweiz. Versuchsanstalt Wädenswil | 1891 |
| 88. | - | Ris, Friedrich, Dr. med., Direktor d. Pflegeanstalt Rheinau | 1892 |
| 89. | - | Driesch, Hans., Dr., Heidelberg | 1892 |
| 90. | - | Herbst, Kurt, Dr., Heidelberg | 1892 |
| 91. | - | Fritschi, Friedrich, Erziehungsrat | 1892 |
| 92. | - | Bosshard, Heinrich, Dr., Professor an der Kantonsschule | 1892 |
| 93. | - | Swerinzew, Leonidas, Dr., Petersburg | 1892 |
| 94. | - | Hurwitz, Adolf, Dr., Professor am Polytechnikum | 1892 |
| 95. | - | Hartwich, Karl, Dr., Professor am Polytechnikum | 1892 |
| 96. | - | Zuppinger, Emil, Fabrikant, Wallisellen | 1892 |
| 97. | - | Disteli, Martin, Dr., Prof. a. d. t. Hochschule Dresden | 1892 |
| 98. | - | Werner, Alfred, Dr., Professor an der Universität | 1892 |
| 99. | - | Zuberbühler, Arnold, Sekundarlehrer, Wädenswil | 1892 |
| 100. | - | Franel, Jérôme, Dr., Professor am Polytechnikum | 1892 |
| 101. | - | Denzler, Wilhelm, Ingenieur, Küsnacht | 1892 |
| 102. | - | Bührer, A., Apotheker, Clarens-Montreux | 1893 |
| 103. | - | Wyssling, Walter, Dr., Prof. am Polytechnikum, Wädenswil | 1893 |
| 104. | - | Ribbert, Hugo, Dr. med., Professor a. d. Universität Bonn | 1893 |
| 105. | - | Kleiber, Albert, Dr. | 1893 |
| 106. | - | Wettstein, Walter, Sekundarlehrer | 1893 |
| 107. | - | Meister, Otto, Dr., Chemiker, Thalwil | 1893 |
| 108. | - | Winterstein, Ernst, Dr., Professor am Polytechnikum | 1893 |
| 109. | - | Meister, Friedrich, Sekundarlehrer, Horgen | 1893 |
| 110. | - | Grubenmann, Ulrich, Dr., Professor a. Polyt. u. a. d. Univ. | 1893 |
| 111. | - | Bissegger, Eduard, Direktionssekretär der Rentenanstalt | 1893 |
| 112. | - | Stauffacher, Hch., Dr., Prof. a. d. Kantonsschule Frauenfeld | 1893 |
| 113. | - | Gysi, Alfred, Dr. med., Professor an der Universität | 1893 |
| 114. | - | Schulthess, Wilhelm, Dr. med., Privatdozent a. d. Univ. | 1893 |
| 115. | - | Oppliger, Fritz, Dr., Seminarlehrer, Küsnacht | 1893 |
| 116. | - | Bohbeck, Kasimir, Professor, Przemysl, Galizien | 1894 |
| 117. | - | Claraz, George, A. | 1894 |
| 118. | - | Stodola, Aurel, Dr., Professor am Polytechnikum | 1894 |
| 119. | - | Prášil, Franz, Dr., Professor am Polytechnikum | 1894 |
| 120. | - | Treadwell, Ferdinand P., Dr., Professor am Polytechnikum | 1894 |
| 121. | - | Wild, Paul F., in Firma Orell Füssli & Cie. | 1894 |
| 122. | - | Grete, E. August, Dr., Vorstand der schweiz. landwirtschaftlichen Versuchsstation | 1894 |
| 123. | - | Schärtlin, Gottfr., Dr., Direktor der schweiz. Rentenanstalt | 1894 |
| 124. | - | Rikli, Martin, Dr., Privatdozent am Polytechnikum | 1894 |
| 125. | - | Kiefer, Adolf, Dr., Professor am Institut Concordia | 1894 |
| 126. | - | Hescheler, Karl, Dr., Professor an der Universität | 1894 |
| 127. | - | Bertsch, Roland, Dr., Direktor des Institutes Concordia | 1895 |
| 128. | - | Bloch, Isaak, Dr., Prof. a. d. Kantonsschule Solothurn | 1895 |
| 129. | - | Stebler, Karl, Lehrer | 1895 |
| 130. | - | Lehner, Friedrich, Dr., Fabrikdirektor | 1895 |

| | | | Aufn. Jahr. |
|---|---|---|---|
| 131. | Hr. | Wartenweiler, Traugott, Sekundarlehrer, Oerlikon | 1895 |
| 132. | - | Früh, Johann Jakob, Dr., Professor am Polytechnikum | 1895 |
| 133. | - | Wehrli, Leo, Dr., Lehrer an der höhern Töchterschule | 1895 |
| 134. | - | Schellenberg, Hans, Dr., Professor am Polytechnikum | 1895 |
| 135. | - | Lüdin, Emil, Dr., Professor am Gymnasium Zürich | 1896 |
| 136. | - | Burri, Robert, Dr., Professor, Bern | 1896 |
| 137. | - | Frei, Hans, Dr., Seminarlehrer, Küsnacht | 1896 |
| 138. | - | Lacombe, Marius, Professor an der Universität Lausanne | 1896 |
| 139. | - | Brunner, Friedrich, Dr. med. | 1896 |
| 140. | - | Holliger, Wilhelm, Dr., Seminarlehrer, Wettingen | 1896 |
| 141. | - | Eggeling, Heinrich, Dr. med., Professor a. d. Univ. Jena | 1896 |
| 142. | - | Schellenberg, Kaspar, Dr., Tierarzt | 1896 |
| 143. | - | Dörr, Karl, Dr. med., Frankfurt a./M. | 1896 |
| 144. | - | Kopp, Robert, Dr., Professor a. d. Kantonsschule St. Gallen | 1896 |
| 145. | - | Raths, Jakob, Sekundarlehrer | 1897 |
| 146. | - | Lorenz, Richard, Dr., Professor am Polytechnikum | 1897 |
| 147. | - | Burkhardt, Heinrich, Dr., Professor an der techn. Hochschule München | 1897 |
| 148. | - | Bachmann, Hans, Dr., Professor a. d. Kantonsschule Luzern | 1897 |
| 149. | - | Ruge, Georg, Dr. med., Professor an der Universität | 1898 |
| 150. | - | Frey, Max v., Dr. med., Professor a. d. Univ. Würzburg | 1898 |
| 151. | - | Höber, Rudolf, Dr. med., Privatdozent a. d. Universität Kiel. | 1889 |
| 152. | - | Schäfer, R. William, Dr. (z. Z. in Baden-Baden) | 1898 |
| 153. | - | Sperber, Joachim, Dr., Lehrer | 1898 |
| 154. | - | Wegmann, Gustav, Ingenieur | 1898 |
| 155. | - | Schoch-Etzensperger, Emil, Dr. | 1898 |
| 156. | - | Erismann, Friedrich, Dr. med., Stadtrat | 1898 |
| 157. | - | Gramann, August, Dr., Bezirkslehrer in Unter-Kulm | 1899 |
| 158. | - | Erb, Joseph, Dr. | 1899 |
| 159. | - | Dürst, Joh. Ulrich, Dr., Bern | 1899 |
| 160. | - | Lalive, August, Prof. a. Gymn. La Chaux-de-Fonds | 1899 |
| 161. | - | Field, Herbert Haviland, Dr., Direktor des Concilium bibliographicum | 1899 |
| 162. | - | Zulauf, Gottlieb, Fabrikant opt. Apparate | 1900 |
| 163. | - | Volkart, Alb., Dr., Assistent a. d. Samenkontrollanstalt | 1900 |
| 164. | - | Huber, Hermann, Ingenieur | 1900 |
| 165. | - | Burri, Franz Xaver, Forstinsp. der Gotthardbahn, Luzern | 1900 |
| 166. | - | Ernst, Julius Walter, Ingenieur | 1900 |
| 167. | - | Bleuler, Eugen, Dr. med., Professor an der Universität | 1900 |
| 168. | - | Sigg-Sulzer, Johann Gottfried, Kaufmann | 1900 |
| 169. | - | Walder, Franz, Dr., Chemiker | 1900 |
| 170. | - | Schmidt, Jakob Oskar, Dr., Direktor der Accumulatorenfabrik Oerlikon | 1900 |
| 171. | - | Frick, Theodor, Dr. med. | 1900 |
| 172. | - | Bolleter, Eugen, Dr., Sekundarlehrer | 1900 |
| 173. | - | Bächler, Emil, Konservator a. naturhist. Museum, St. Gallen | 1901 |
| 174. | - | Künzli, Emil, Dr., Prof. an der Kantonsschule Solothurn | 1901 |
| 175. | - | Seiler, Ulrich, Dr., Professor an der Kantonsschule | 1901 |
| 176. | - | Ernst, Paul, Dr. med., Prof. an der Universität in Heidelberg | 1901 |
| 177. | - | Pfeiffer, Paul, Dr., Professor an der Universität | 1901 |
| 178. | - | Ernst, Alfred, Dr., Professor an der Universität | 1901 |
| 179. | - | Meyer-Hürlimann, Karl, Dr. med. | 1901 |
| 180. | - | Scherrer, Otto, Dr., Professor an der Kantonsschule | 1901 |

| | | Aufn. Jahr. |
|---|---|---|
| 181. | Hr. Cloetta, Max, Dr. med., Professor an der Universität | 1902 |
| 182. | - Keller, Konrad, Landwirt, Oberglatt | 1902 |
| 183. | - Bircher, Max, Dr. med. | 1902 |
| 184. | - Bircher, Ernst F., Dr. jur., Rechtsanwalt | 1902 |
| 185. | - Maurizio, Adam, Dr., in Lemberg | 1902 |
| 186. | - Schaufelberger, Wilhelm, Dr. | 1902 |
| 187. | - Schweitzer, Alfred, Dr., Professor am Polytechnikum | 1902 |
| 188. | - Beglinger, Johann, Fabrikant, Wetzikon | 1902 |
| 189. | - Weiss, Pierre, Dr., Professor am Polytechnikum | 1902 |
| 190. | - Nägeli, Otto, Dr. med., Privatdozent a. d. Universität | 1902 |
| 191. | - Ziegler, Konrad, Pfarrer in Ilanz | 1902 |
| 192. | - Brandenberger, Konrad, Dr., Professor a. d. Kantonsschule | 1902 |
| 193. | - Amberg, Otto, Dr. | 1903 |
| 194. | - Ulrich, Alfr., Dr. med., ärztl. Leiter d. Anstalt f. Epileptische | 1903 |
| 195. | - Osterwalder, Adolf, Dr., Assistent, Wädenswil | 1903 |
| 196. | - Wehrli, Hans, Dr., Privatdozent an der Univerität | 1903 |
| 197. | - Hegi, Gustav, Dr., Kustos am bot. Garten, München | 1903 |
| 198. | - Zeller, Heinrich, Dr. jur., Rechtsanwalt | 1903 |
| 199. | - Stoppany, Giovanni Ambrosio, Dr. med., Professor an der Universität | 1903 |
| 200. | - Oswald, Adolf, Dr. phil. et med., Privatdozent an der Universität | 1903 |
| 201. | - Jordan, Hermann, Dr., Rotterdam | 1903 |
| 202. | - Jaccard, Paul, Dr., Professor am Polytechnikum | 1903 |
| 203. | - Grisch, Andreas, Assistent an der Samenkontrollanstalt | 1903 |
| 204. | - Pestalozzi-Bürkli, Anton, Dr. | 1903 |
| 205. | - Veraguth, Otto, Dr. med., Privatdozent a. d. Universität | 1903 |
| 206. | - Rothpletz, Gottlieb Friedrich, Stadtgärtner | 1903 |
| 207. | - Bernheim-Karrer, Jakob, Dr. med., Privatdozent an der Universität | 1903 |
| 208. | - Hirsch, Arthur, Dr., Professor am Polytechnikum | 1903 |
| 209. | - Wild-Schläpfer, Felix, Direktor bei Orell Füssli | 1903 |
| 210. | - Meister, Ulrich, Dr., Oberst und Nationalrat | 1903 |
| 211. | - Silberschmidt, William, Dr. med., Prof. a. d. Universität | 1903 |
| 212. | - Stäubli, Karl, Dr. med., München | 1903 |
| 213. | - Dilthey, Walter, Dr., Privatdozent an der Universität | 1903 |
| 214. | - Rübel, Eduard, Dr. | 1903 |
| 215. | - Büeler, Hermann, Chemiker | 1903 |
| 216. | - Ehrhardt, Jakob, Dr., Professor an der Universität | 1903 |
| 217. | - Schlaginhaufen, Otto, Dr., Berlin | 1904 |
| 218. | - Staub, Joh., Dr., Lehrer a. d. höhern Töchterschule Luzern | 1904 |
| 219. | - Lüthi, Adolf, Lehrer am Institut Concordia | 1904 |
| 220. | - Beck, Bernhard, Rektor des freien Gymnasiums | 1904 |
| 221. | - Zangger, Heinrich, Dr., Professor an der Universität | 1904 |
| 222. | - Reitz, Wilhelm, Oberingenieur bei Escher Wyss & Co. | 1904 |
| 223. | - Bühler, Anton, Dr. med., Privatdozent an der Universität | 1904 |
| 224. | - Schäppi, Theodor, Dr. med. | 1904 |
| 225. | - Huber, Paul, Assistent, Wädenswil | 1904 |
| 226. | - Bluntschli, Hans, Dr., Assistent am anat. Institut | 1904 |
| 227. | - Machwürth, Josef, Dr., Professor an der Universität | 1904 |
| 228. | - Wettstein, Ernst, Dr., Professor an der Kantonsschule | 1904 |
| 229. | - Weber, Friedrich, Dr., Geolog | 1904 |
| 230. | - Rollier, Louis, Dr., Privatdozent am Polytechnikum und an der Universität | 1905 |

| | | | Aufn. Jahr. |
|---|---|---|---|
| 231. | Hr. | Kienast, Alfred, Dr., Privatdozent am Polytechnikum | 1905 |
| 232. | - | Fenner, Karl, Dr., Lehrer an der Kantonsschule | 1905 |
| 233. | - | Rascher, Max, Buchhändler | 1905 |
| 234. | - | Beer, Robert, Buchhändler i. F. Beer & Co. | 1905 |
| 235. | - | Arbenz, Paul, Dr., Privatdozent am Polytechnikum | 1905 |
| 236. | - | Müller, Albert, Buchhändler | 1905 |
| 237. | - | Jabs, Asmus, techn. Direktor | 1905 |
| 238. | - | Willstätter, Richard, Dr., Professor am Polytechnikum | 1905 |
| 239. | - | Grandmougin, Eugène, Dr. | 1905 |
| 240. | - | Schmid, Eduard, Dr., Assistent an der Universität | 1905 |
| 241. | - | Heubner, Wolfgang, Dr. med. | 1905 |
| 242. | - | Steiger, Adolf, Dr. med. | 1905 |
| 243. | - | Ernst, Heinrich, Regierungsrat | 1905 |
| 244. | - | Egli, Karl, Dr., Professor an der Kantonsschule | 1905 |
| 245. | - | Ganz, Emil, Photograph | 1905 |
| 246. | - | Mollison, Theodor, Dr. med., Assistent a. anthrop. Institut der Universität | 1905 |
| 247. | - | Gassmann, Theodor, Dr. med. | 1905 |
| 248. | - | Fingerhuth, Max, Dr. med. | 1905 |
| 249. | - | Gerlach, Rudolf, Dr., Seminarlehrer in Küsnacht | 1905 |
| 250. | - | Lämmel, Rudolf, Dr., Lehrer | 1906 |
| 251. | - | Daiber, Marie, Dr., Assist. am zool. Inst. | 1906 |
| 252. | - | Wreschner, Arthur, Dr., Privatdoz. a. Polyt. u. a. d. Univ. | 1906 |
| 253. | - | Zschokke, Bruno, Privatdozent am Polytechnikum | 1906 |
| 254. | - | Zürcher, Heinrich, in Firma Zürcher & Furrer | 1906 |
| 255. | - | Zietzschmann, Otto, Dr., Professor an der Universität | 1906 |
| 256. | - | Bürgi, Oskar, Professor an der Universität | 1906 |
| 257. | - | Schläpfer-Rippstein, Apotheker | 1906 |
| 258. | - | Heim, Arnold, Dr., Privatdozent am Polytechnikum | 1906 |
| 259. | - | Adler, Fritz, Dr. | 1906 |
| 260. | - | Brökmann-Jrosch, Henryk, Dr. | 1907 |
| 261. | - | v. Wyttenbach, Friedr., Dr. | 1907 |
| 262. | - | Meyer, Emil, Dr., Gymnas.-Lehrer | 1907 |
| 263. | - | Beck, Emil, Fachlehrer für Math. und Physik | 1907 |
| 264. | - | Schindler, Konrad, Dr. med. | 1907 |
| 265. | - | Du Pasquier, L. Gustav, Dr., Privatdozent am Polytechnikum | 1907 |
| 266. | - | De Quervain, Alf., Dr., Adjunkt d. meteorol. Centralanstalt u. Privatdoz. a. d. Univ. | 1907 |
| 267. | - | Hilfiker, Jakob, Dr., Ingen. für schweiz. Landestopographie | 1907 |
| 268. | - | Wiesmann, Theodor, Sekundarlehrer | 1907 |
| 269. | - | Meyer, Edgar, Dr. | 1907 |
| 270. | - | Schwarzenbach, Ernst, Dr. med. | 1907 |
| 271. | - | Strohl, Hans, Dr. | 1907 |
| 272. | - | Brunner, Otto, Apotheker | 1907 |
| 273. | - | Diebold, Fritz, Dr. med. | 1907 |
| 274. | - | Gogarten, Karl Emil, Bergingenieur | 1907 |
| 275. | - | Grossmann, Marcel, Dr., Professor am Polytechnikum | 1908 |
| 276. | - | Mauderli, Sigmund, Professor in Solothurn | 1908 |
| 277. | - | Meyerhofer, Hans, Dr., Sekundarlehrer | 1808 |
| 278. | - | Stix, Oswald, Dr. der techn. Wissenschaften, Ingenieur | 1908 |
| 279. | - | Swellengrebel, Nicolaas, Hendrik, Assistent am Laboratorium f. allgem. Botanik | 1908 |
| 280. | - | Schmidt, Ehrhardt, Dr., Professor an der Universität | 1908 |

| | | Aufn. Jahr. |
|---|---|---|
| 281. | Hr. Hirzel-William, Heinrich, Dr. med. . . . . | 1908 |
| 282. | - Vöge, Adolf, Elektrotechniker . . . . . | 1908 |
| 283. | - Jänike, Emil, Privatlehrer für Mathematik und Physik . | 1908 |
| 284. | - Sacken, Ernst, stud. phil. . . . . | 1908 |
| 285. | Frl. Herzen, Laura, Dr., Ass. am mineral. Institut d. Polytechn. | 1909 |
| 286. | Hr. Tschulok, Senai, Dr., Fachlehrer für Naturwissenschaften | 1909 |
| 287. | - Maier, Hans, Dr. med., Arzt an der psychiatr. Klinik (Burghölzli) | 1909 |
| 288. | - Lebedinsky, Gregor, stud. phil. . . . . | 1909 |
| 289. | - Cherbuliez, Emil, Dr., Privatdozent d. Physik a. Polytechn. | 1909 |
| 290. | - Leuzinger, Rud., Vorst. d. kant. Mädchenerz.-Anstalt Mollis | 1909 |
| 291. | - Herzog, Theodor, Dr., Privatdozent d. Botanik a. Polytechn. | 1909 |

## b. Ehrenmitglieder.

| | | |
|---|---|---|
| 1. | Hr. Kohlrausch, Friedrich, Dr., Professor, Marburg . . . | 1883 |
| 2. | - Amsler-Laffon, Jakob, Dr., Professor, Schaffhausen . . | 1894 |
| 3. | - Dedekind, Richard, Dr., Professor an der technischen Hochschule Braunschweig . | 1896 |
| 4. | - Gräffe, Eduard Heinrich, Insp. d. zoolog. Station, Triest . | 1896 |
| 5. | - Eberth, Karl Joseph, Dr. med., Professor a. d. Univ. Halle . | 1896 |
| 6. | - Hermann, Ludimar, Dr. med., Prof. a. d. Univ. Königsberg . | 1896 |
| 7. | - Reye, Theodor, Dr., Professor a. d. Universität Strassburg . | 1896 |
| 8. | - Schär, Eduard, Dr., Professor a. d. Universität Strassburg . | 1896 |
| 9. | - Weber, Heinrich, Dr., Prof. a. d. Universität Strassburg . | 1896 |
| 10. | - Schwarz, Hermann Amandus, Dr., Professor an der Universität Berlin . | 1896 |
| 11. | - Choffat, Paul, Dr., Landesgeolog, Lissabon . . . . | 1896 |
| 12. | - Frobenius, Georg, Dr., Professor an der Universität Berlin . | 1896 |
| 13. | - Hantzsch, Arthur, Dr., Professor a. d. Universität Leipzig . | 1896 |
| 14. | - Forel, François Alphonse, Dr., Professor, Morges . . . | 1896 |
| 15. | - Hagenbach-Bischoff, Eduard, Dr., Prof. a. d. Univ. Basel . | 1896 |
| 16. | - Schwendener, Simon, Dr., Professor a. d. Universität Berlin | 1899 |

## c. Korrespondierende Mitglieder.

| | | |
|---|---|---|
| 1. | Hr. Cornaz, Edouard, Dr. med., Neuchâtel . . . . . | 1856 |
| 2. | - Margerie, Emmanuel de, Dr., Paris . . . . . | 1883 |

# Vorstand und Kommissionen.

| | Vorstand. | Gewählt oder bestätigt. |
|---|---|---|
| Präsident: | Hr. Standfuss, Max, Dr., Professor . . . . | 1908 |
| Vizepräsident: | - Hescheler, Karl, Dr., Professor . . . . | 1908 |
| Sekretär: | - Schoch, Emil, Dr. . . . . | 1908 |
| Quästor: | - Kronauer, Hans, Dr., Mathem. der Rentenanstalt | 1908 |
| Bibliothekar: | - Schinz, Hans, Dr., Professor . . . . . | 1908 |
| Beisitzer: | - Werner, Alfred, Dr., Professor . . . . | 1908 |
| | - Huber-Stockar, Emil, Direktor . . . . | 1908 |

**Druckschriften-Kommission.**

Präsident: Hr. Rudio, Ferdinand, Dr., Professor.
Mitglieder: - Heim, Albert, Dr., Professor.
- Lang, Arnold, Dr., Professor.

**Engere Bibliotheks-Kommission (Fachbibliothekare).**

Präsident: Hr. Schinz, Hans, Dr., Professor.
Mitglieder: - Martin, Rudolf, Dr., Professor.
- Bretscher, Konrad, Dr., Privatdozent.
- Aeppli, August, Dr., Professor.
- Beck, Alexander, Dr., Professor.
- Pfeiffer, Paul, Dr., Professor.

Die **weitere Bibliotheks-Kommission** besteht aus dem Präsidenten der Gesellschaft, den Fachbibliothekaren und den Herren: Prof. Dr. K. Keller, Prof. Dr. F. Rudio, Prof. Dr. K. Schröter, Prof. Dr. H. F. Weber, Prof. Dr. A. Werner, Dr. H. H. Field und Dr. M. Rikli.

Abwart: Hr. H. Koch; gewählt 1882.

306.3
Z 94
N 3 v

UNIV. DE ZÜRICH
SEP 1910

# Vierteljahrsschrift

der

# Naturforschenden Gesellschaft

in

# Zürich.

Unter Mitwirkung der Herren

Prof. Dr. A. HEIM und Prof. Dr. A. LANG

herausgegeben

von

Dr. FERDINAND RUDIO,
Professor am Eidgenössischen Polytechnikum.

**Vierundfünfzigster Jahrgang. 1909. Drittes und viertes Heft.**

Ausgegeben am 5. März 1910.

Zürich,
in Kommission bei Fäsi & Beer.
1909.

TYP. ZÜRCHER & FURRER, ZÜRICH.

# Inhalt.


Seite

**E. Rübel.** Beiträge zur Kenntnis des photochemischen Klimas der Canaren und des Ozeans . . . . . 289

**E. Meissner.** Über die Anwendung von Fourier-Reihen auf einige Aufgaben der Geometrie und Kinematik . . . . . 309

**Alb. Heim.** Geologische Nachlese Nr. 21. Einige Gedanken über Schichtung 330

**Rob. Keller.** Die Brombeerflora des Kantons Zürich . . . . . 343

**C. Keller.** Die ausgestorbene Fauna von Kreta und ihre Beziehungen zur Minotaurus-Sage . . . . . 424

**K. Brandenberger.** Über Lamberts flächentreue Azimutalprojektion . 436

**H. Brockmann-Jerosch.** Das Alter des schweizerischen diluvialen Lösses 449

**F. Rudio** und **C. Schröter.** Notizen zur schweizerischen Kulturgeschichte

26. Die Eulerausgabe (Fortsetzung) . . . . . 463
27. Naturschutz in der Schweiz und anderswo . . . . . 480
28. Nekrologe: Jakob Theodor Ernst, Hermann Minkowski, Jakob Escher, Albin Herzog, Rudolf Brunner . . . . . 505

**E. Schoch.** Sitzungsberichte von 1909 . . . . . 517

**H. Schinz.** Bibliotheksbericht von 1909 . . . . . 525

Verzeichnis der Mitglieder auf 31. Dezember 1909 . . . . . 544

Die **„Vierteljahrsschrift“** der naturforschenden Gesellschaft in Zürich — in Kommission bei Fäsi & Beer — kann durch jede Buchhandlung bezogen werden. Bis jetzt sind erschienen Jahrgang 1—52 (1856—1907) als Fortsetzung der in 4 Bänden (1847—1855) veröffentlichten „Mitteilungen“ der naturforschenden Gesellschaft in Zürich. Vom 51. Jahrgange an beträgt der Preis der Vierteljahrsschrift 12 Fr. jährlich. Ältere Jahrgänge sind, soweit noch vorhanden, zu reduzierten Preisen erhältlich. Der 41. Jahrgang — Festschrift der naturforschenden Gesellschaft zur Feier ihres 150jährigen Bestehens — kostet 20 Fr. Er besteht aus der Geschichte der Gesellschaft (274 Seiten und 6 Tafeln), aus 35 wissenschaftlichen Abhandlungen (598 Seiten und 14 Tafeln) und einem Supplemente (66 Seiten).

Die seit **1799** in ununterbrochener Folge von der Gesellschaft herausgegebenen **„Neujahrsblätter“** sind ebenfalls durch die Buchhandlung Fäsi & Beer zu beziehen.

Seit 1865 sind erschienen:

G. Asper: Wenig bekannte Gesellschaften kleiner Tiere. 1881. R. Billwiller: Kepler als Reformator der Astronomie. 1878. Die meteorologische Station auf dem Säntis. 1888. K. Bretscher: Zur Geschichte des Wolfes in der Schweiz. 1906. C. Cramer: Bau und Wachstum des Getreidehalmes. 1889. A. Escher v. d. Linth und A. Bürkli: Die Wasserverhältnisse der Stadt Zürich und ihrer Umgebung. 1871. A. Forel: Die Nester der Ameisen. 1893. H. Fritz: Aus der kosmischen Physik. 1875. Die Sonne. 1885. E. Gräffe: Reisen im Innern der Insel Viti Levu. 1868. U. Grubenmann: Ueber die Rutilnadeln einschliessenden Bergkrystalle vom Piz Aul im Bündneroberland. 1899. C. Hartwich: Das Opium als Genussmittel. 1898. O. Heer: Die Pflanzen der Pfahlbauten. 1866. Flachs und Flachskultur. 1872. A. Heim: Einiges über die Verwitterungsformen der Berge. 1874. Ueber Bergstürze. 1882. Geschichte des Zürichsees. 1891. Die Gletscherlawine an der Altels am 11. September 1895 (unter Mitwirkung von L. Du Pasquier und F. A. Forel). 1896. Neuseeland. 1905. Der Bau der Schweizeralpen. 1908. K. Hescheler: *Sepia officinalis* L. Der gemeine Tintenfisch. 1902. Der Riesenhirsch. 1909. J. Jäggi: Die Wassernuss und der Tribulus der Alten. 1884. Die Blutbuche zu Buch am Irchel. 1894. C. Keller: Über Farbenschutz in der Tierwelt. 1879. A. Lang: Geschichte der Mammutfunde (mit Bericht über den Fund in Niederweningen). 1892. G. Lunge: Beleuchtung sonst, jetzt und einst. 1900. A. Menzel: Zur Geschichte der Biene und ihrer Zucht. 1865. Die Biene. 1869. C. Moesch: Geologische Beschreibung der Umgebungen von Brugg. 1867. Wohin und warum ziehen unsere Vögel. 1877. Der japanische Riesensalamander und der fossile Salamander von Oeningen. 1887. J. Pernet: Hermann v. Helmholtz. 1895. M. Rikli. Kultur und Naturbilder von der spanischen Riviera. 1907. F. Rudio: Zum hundertsten Neujahrsblatt der Naturforschenden Gesellschaft. 1898. E. Schär: Das Zuckerrohr. 1890. H. Schinz: Schweizerische Afrika-Reisende und der Anteil der Schweiz an der Erschliessung und Erforschung Afrikas überhaupt. 1904. G. Schoch: Ein Tropfen Wasser. 1870. Die Technik der künstlichen Fischzucht. Tabelle zur leichten Bestimmung der Fische der Schweiz. Fischfauna des Kantons Zürich. 1880. C. Schröter: Die Flora der Eiszeit. 1883. Der Bambus. 1886. Die Schwebeflora unserer Seen (das Phytoplankton). 1897. Die Palmen und ihre Bedeutung für die Tropenbewohner. 1901. A. Weilenmann: Über die Luftströmungen, insbesondere die Stürme Europas. 1876. Die elektrischen Wellen und ihre Anwendung zur drahtlosen Strahlentelegraphie nach Marconi. 1903. R. Wolf: Joh. Feer, Beitrag zur Geschichte der Schweizerkarten. 1873.

---

**Zur Beachtung.**

**Die Bibliothek ist täglich — mit Ausnahme von Sonn- und Festtagen — geöffnet von 9—12 Uhr und ½2—5 Uhr (im Winter bis zum Eintritt der Dunkelheit).**

LIBRARY
SEP 25 1911

UNIVERSITY OF MICHIGAN
3 9015 03550 4037

ARCHIVES LIBRARY
FEB 28 1911

UNIVERSITY OF MICHIGAN
3 9015 03550 4037